

Simen Haukås

---

## Treningsbelastning og fysisk form hos U14- og U16-fotballspillere i løpet av en sesong

En observasjonsstudie av sammenhenger mellom  
treningsbelastning og endring i fysisk form for ungdomsspillere

---

Masteroppgave i idrettsvitenskap  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2021



## Sammendrag

**Introduksjon:** De fysiske prestasjonskravene i fotball ser ut til å øke og det stilles større krav til optimal treningsbelastning for å oppnå hensiktsmessig utvikling av fysisk form hos ungdomsspillere. Formålet med prosjektet var å undersøke relasjonen mellom treningsbelastning og utvikling av fysisk form for to mannlige ungdomslag (U) i løpet av én fotballsesong.

**Metode:** Et U14-lag ( $12,6 \pm 0,6$  år,  $n=28$ ) og et U16-lag ( $14,7 \pm 0,6$  år,  $n=28$ ) gjennomførte fire testtidspunkt av fysisk form og tre to-ukers perioder med innsamling av treningsbelastning i fotballsesongen 2020. Fysisk form ble testet gjennom 10 og 30 m hurtighet, spenst, Illinois-agility test, styrke (Keiser beinpress) og utholdenhet (Yo-Yo Intermittent Recovery level 1 (IR1-test)). Treningsbelastningen ble registrert som individuelt gjennomsnitt av tre perioder og ble undersøkt ved bruk av Global Position System (GPS) og Session Rating of Perceived Exertion (sRPE).

**Resultater:** U14 hadde større endring i spenst (7,2 %,  $p=0,001$ ) og IR1-prestasjon (9,7 %,  $p=0,003$ ), mens U16 hadde større endring i 10 m tid (2,4 %,  $p=0,046$ ) fra test 2 test 3. U14 viste større treningsbelastning enn U16 for alle parametere med unntak av absolutt og relativ sprintdistanse ( $p<0,05$ ). Korrelasjon for antall akselerasjoner vs endring i IR1-prestasjon ( $r= -0,68$ ) og endring i relativ power ( $r=0,58$ ) og antall deselerasjoner vs endring i spenst ( $r=0,48$ ) ble funnet for U14. I tillegg korrelerte totaldistanse, PlayerLoad,  $\text{PlayerLoad} \cdot \text{min}^{-1}$  og sRPE med endring i kraft ( $r=0,52-0,62$ ) og endring i kraft/kg ( $r=0,53-0,59$ ) for U14 ( $p<0,05$ ). U16 viste sammenheng for relativ høyhastighetsløpsdistanse og relativ sprintdistanse med endring i kraft ( $r=0,65$ ) og relativ kraft ( $r=0,58-0,72$ ) ( $p<0,05$ ).

**Konklusjon:** U14 viste både større endring og flere endringer i fysisk form sammenlignet med U16. Dette var forventet og kan antakeligvis tilknyttes større vekst og et større utviklingspotensial av fysisk form. Motstridende fra tidligere forskning viste U14 større treningsbelastning enn U16 i dette prosjektet, hvor forskjellene antakeligvis skyldes en lengre treningsvarighet. Muskelstyrke var den fysiske egenskapen som viste flest korrelasjoner med treningsbelastning og kan dermed antas og utvikles mest med treningsbelastning for ungdomsspillere.

# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag</b> .....                                       | <b>3</b>  |
| <b>Innhold</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>Forord</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>1. Introduksjon</b> .....                                  | <b>7</b>  |
| 1.1 Formålet med prosjektet .....                             | 8         |
| 1.2 Problemstillinger.....                                    | 8         |
| <b>2. Teori</b> .....   | <b>9</b>  |
| 2.1 Den fysiske dimensjonen i fotball .....                   | 9         |
| 2.2 Endring i fysisk form.....                                | 10        |
| 2.2.1 Hurtighet.....  | 10        |
| 2.2.2 Spenst.....   | 11        |
| 2.2.3 Agility.....  | 12        |
| 2.2.4 Muskelstyrke .....                                      | 12        |
| 2.2.5 Utholdenhet .....                                       | 13        |
| 2.3 Vekst, modning og utvikling .....                         | 14        |
| 2.4 Trening og fysisk form .....                              | 17        |
| 2.5 Treningsbelastning.....                                   | 20        |
| 2.5.1 Intern belastning .....                                 | 20        |
| 2.5.2 Ekstern belastning.....                                 | 21        |
| 2.5.3 Treningsbelastning hos ungdomsspillere.....             | 22        |
| 2.6 Sammenheng mellom treningsbelastning og fysisk form ..... | 24        |
| <b>3. Metode</b> .....  | <b>27</b> |
| 3.1 Studiedesign.....   | 27        |
| 3.2 Utvalg og inklusjonskriterium .....                       | 27        |
| 3.3 Datainnsamling .....                                      | 28        |
| 3.4 Fysiske tester .....                                      | 30        |
| 3.4.1 Testtidspunkt .....                                     | 30        |
| 3.4.2 Testprosedyre.....                                      | 31        |
| 3.4.3 Hurtighet.....  | 31        |
| 3.4.4 Spenst.....   | 32        |
| 3.4.5 Agility.....  | 32        |
| 3.4.6 Muskelstyrke .....                                      | 33        |
| 3.4.7 Utholdenhet .....                                       | 34        |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| <b>3.5</b>  | <b>Intern treningsbelastning .....</b>  | <b>35</b>  |
| <b>3.6</b>  | <b>Ekstern treningsbelastning .....</b>   | <b>35</b>  |
| 3.6.1       | Distanseparametere.....   | 36         |
| 3.6.2       | Akselerasjonsbaserte parametere.....  | 37         |
| <b>3.7</b>  | <b>Databehandling .....</b>   | <b>38</b>  |
| <b>3.8</b>  | <b>Etikk.....</b>   | <b>40</b>  |
| <b>3.9</b>  | <b>Statistiske analyser .....</b>   | <b>40</b>  |
| <b>4.</b>   | <b>Resultater.....</b>  | <b>41</b>  |
| <b>4.1</b>  | <b>Fysiske tester .....</b>   | <b>41</b>  |
| <b>4.2</b>  | <b>Endring i fysisk form.....</b>   | <b>43</b>  |
| <b>4.3</b>  | <b>Korrelasjon mellom endring i fysisk form.....</b>                                | <b>45</b>  |
| <b>4.4</b>  | <b>Treningsbelastning.....</b>  | <b>47</b>  |
| <b>4.5</b>  | <b>Sammenheng mellom treningsbelastning og endring i fysisk form.....</b>           | <b>49</b>  |
| <b>5.</b>   | <b>Diskusjon .....</b>  | <b>51</b>  |
| <b>5.1</b>  | <b>Forskjeller i fysisk form - hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke .....</b> | <b>51</b>  |
| <b>5.2</b>  | <b>Endringer i fysisk form - hurtighet, spenst og muskelstyrke.....</b>             | <b>54</b>  |
| <b>5.3</b>  | <b>Forskjeller og endringer i fysisk form – utholdenhet .....</b>                   | <b>58</b>  |
| <b>5.4</b>  | <b>Korrelasjon mellom endring i fysisk form.....</b>                                | <b>60</b>  |
| <b>5.5</b>  | <b>Forskjeller i treningsbelastning .....</b>                                       | <b>62</b>  |
| <b>5.6</b>  | <b>Forskjeller i treningsbelastning mellom perioder.....</b>                        | <b>65</b>  |
| <b>5.7</b>  | <b>Sammenheng mellom treningsbelastning og endring i fysisk form.....</b>           | <b>66</b>  |
| <b>5.8</b>  | <b>Begrensninger.....</b>   | <b>70</b>  |
| <b>5.9</b>  | <b>Praktiske betraktninger .....</b>  | <b>72</b>  |
| <b>5.10</b> | <b>Konklusjon .....</b>   | <b>73</b>  |
| <b>6.</b>   | <b>Referanser .....</b>   | <b>75</b>  |
| <b>7.</b>   | <b>Tabelloversikt .....</b>   | <b>98</b>  |
| <b>8.</b>   | <b>Figuroversikt .....</b>  | <b>99</b>  |
| <b>9.</b>   | <b>Forkortelser .....</b>   | <b>100</b> |
| <b>10.</b>  | <b>Vedlegg .....</b>  | <b>101</b> |

## Forord

Etter fem år på Norges idrettshøgskole sitter jeg tilbake med mange gode minner, erfaringer og venner for resten av livet! Nå er tiden inne for å ta fatt på nye utfordringer!

Jeg ønsker innledningsvis å takke mine veiledere for god oppfølging i forkant og underveis i prosjektet. Tusen takk til Live Luteberget som har satt av mye tid til veiledning og gode tilbakemeldinger gjennom hele perioden. Takk til Truls Raastad for gode innspill og tilbakemeldinger. Jeg setter stor pris på all hjelp jeg har fått fra dere begge!

Tusen takk til Vålerenga fotballklubb som gitt meg muligheten til å kombinere masteroppgaven med arbeid, og stilt høyt satsende spillere til disposisjon fra sine U16- og U14-lag i dette prosjektet. Jeg vil også takke spillerne, hovedtrenerne på ungdomslagene, samt andre trenere og personell i utviklingsavdelingen som har muliggjort utførelse av dette prosjektet i en krevende koronaviruspandemi!

Jeg ønsker å takke alle medstudenter og arbeidskollegaer som har bidratt til gjennomførelse av dette masterprosjektet. En stor takk til Magnus Haugan, Ulrik Karlsson og Arnt-Kristian Finstad som har vært behjelpelig ved gjennomføring av fysiske tester og datainnsamling!

Avslutningsvis hjertelig takk til min gode familie og nære venner («Kjernen»), som har støttet og motivert meg til ferdigstilling av denne masteroppgaven. Jeg er dere evig takknemlig!

*Simen Haukås*

*Oslo, mai, 2021*

# 1. Introduksjon

De siste 20 årene har det vært en trend til større oppmerksomhet rettet mot den fysiske dimensjonen i fotball, hvor studier av seniorfotballspillere har belyst fysisk form som en viktig faktor for fysisk prestasjon i idretten (Bangsbo et al., 2006; Bush et al., 2015; Di Salvo et al., 2010; Mohr et al., 2003). Derfor har det også vært et økt fokus på utvikling av fysisk form for ungdomsspillere. Under ungdomsårene forekommer det en markant økning i fysisk form som følge av puberteten. Riktignok inntreffer pubertetsperioden til ulik tid, slik at det kan være store variasjoner i vekst og fysisk form hos hver enkelt (Rogol et al., 2002). Studier som har tatt høyde for variasjon i vekst har sett at modningsgrad har vist sammenheng med økt fysisk form i ungdomsårene (Asadi et al., 2018; Bidaurrezaga-Letona et al., 2014; Grendstad et al., 2020; Figueiredo et al., 2009; Hammami, Chaouachi et al., 2016; Malina et al., 2004). Etersom ungdomslag (U) inndeles etter alder, kan det derfor være stor variasjon i fysisk form innad i laget. Likevel tyder tidligere studier på en overordnet utvikling i fysisk form med økt alder i ungdomsårene (Bidaurrezaga-Letona et al., 2014, 2015; Figueiredo et al., 2009; Goto, 2012; Vänttinen et al., 2011; Wrigley et al., 2014).

Etersom fysisk form utvikles naturlig gjennom modning i ungdomsårene, har studier også undersøkt hvorvidt treningseffekt kan påvirke fysisk form ytterligere i ungdomsalderen. Fysiske egenskaper som spenst, hurtighet, agility, muskelstyrke og utholdenhet har alle vist treningseffekt gjennom spesifikk trening for ungdommer (Asadi et al., 2018; Hammami, Negra et al., 2016; Helgerud et al., 2001; McKinlay et al., 2018; Meylan & Malatesta, 2009; Ramírez-Campillo et al., 2015). I tillegg kan nevnte fysiske egenskaper også ses i sammenheng med en større fotballtreningsmengde for ungdomsspillere (Carvalho et al., 2014; Gissis et al., 2006; Grendstad et al., 2020; Hansen et al., 1999; Malina et al., 2004; Wrigley et al., 2014). Likevel er det utfordrende å forstå hvordan fotballtreningsmengden kan ha påvirket utvikling av fysisk form, ettersom metoden ikke informerer om treningsinnholdet eller treningsbelastning.

Etter introduksjonen av Global Position System (GPS) har systemet vært vanlig til bruk av overvåkning av treningsbelastning for idrettsutøvere i lagidretter (Malone et al., 2017). Bruk av GPS i fotball har muliggjort nøyere undersøkelse av treningsbelastning gjennom løpsdistanse i ulike hastighetssoner, antall akselerasjoner og deselerasjoner

(Cummins et al., 2013). Bruken av GPS har også blitt vanlig til bruk i ungdomsfotball, hvor studier har vist trend til økt ekstern belastning i fotballkamp med økt alder (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010; Goto, 2012; Goto & Seward, 2020; Harley et al., 2010; Seward et al., 2016). I likhet med seniorspillere, har en del studier sett antydninger til at fysisk form også kan ses i sammenheng med fysisk kampbelastning (Al Haddad et al., 2015; Aquino et al., 2018; Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010; Castagna et al., 2009; Castillo et al., 2020; Goto, 2012; Rebelo et al., 2014). Derimot finnes det få studier som har undersøkt treningsbelastning for ungdomsspillere (Fitzpatrick et al., 2018; Hannon, Coleman et al., 2021; Hannon, Parker et al., 2021; Wrigley et al., 2012) og kun en av dem som har studert sammenhengen mellom treningsbelastning og utvikling av fysisk form (Fitzpatrick et al., 2018).

### **1.1 Formålet med prosjektet**

Ettersom det eksisterer få studier som har undersøkt treningsbelastning opp mot utvikling av fysisk form hos ungdomsspillere, er det et behov fremtidig studier. Dette for å få en dypere forståelse omkring optimal treningsbelastning og treningsplanlegging for å videreutvikle idretten for ungdomsspillere slik at det forbereder spillerne til et økt fysisk prestasjonskrav i idretten på seniornivå. Formålet med dette prosjektet var derfor å undersøke sammenhenger mellom treningsbelastning og utvikling av fysisk form for to mannlige ungdomslag i løpet av én fotballsesong.

### **1.2 Problemstillinger**

Hovedproblemstillingen i prosjektet var: «Hvordan utvikles fysisk form målt som spenst, hurtighet, agility, styrke og utholdenhet hos U14- og U16-spillere i løpet av en sesong, og er det en sammenheng mellom individuell treningsbelastning og endring i fysisk form?». I tillegg vil prosjektet undersøke følgende:

- Er det forskjeller i endring i fysisk form mellom ungdomslagene?
- Er det sammenhenger mellom endringer i fysisk form for ungdomslagene?
- Er det forskjell i treningsbelastning mellom ungdomslagene?



## 2. Teori

### 2.1 Den fysiske dimensjonen i fotball

Fotball er en av verdens mest populære idretter hvor det stilles krav til taktiske, tekniske, fysiske og psykiske egenskaper (Stølen et al., 2005). Prestasjon i idretten er komplekst, hvor tekniske og taktiske egenskaper har vist en større påvirkning på prestasjon enn fysiske egenskaper (Carling, 2013). Samtidig har undersøkelser vist at tekniske egenskaper kan påvirkes av fysisk form også (Rampinini et al., 2009). Den fysiske dimensjonen i fotball har utviklet seg i nyere tid hvor det har vært vist 30-50 % økning i høyhastighetsløping (>19,8 km/t) og sprintdistanse (>25,1 km/t) over syv påfølgende fotballsesonger (2006-2013) (Bush et al., 2015). Dette kan tilsi at fysiske egenskaper har blitt en viktigere del av fotballprestasjon. Videre har det vært foreslått at andelen høyintensiv aktivitet i fotballkamp kan være en god indikator på fysisk prestasjon i fotball (Bangsbo et al., 2006; Di Salvo et al., 2010). Eksempelvis observerte Mohr et al. (2003) at elitefotballspillere tilbakelegger 28 % lengre høyintensivløping (>15 km/t) og 58 % lengre sprintdistanse (>30 km/t), sammenlignet med fotballspillere på moderat nivå.

I en fotballkamp, tilbakelegger en seniorutespiller en totaldistanse på omkring 10-12 km. Av totaldistansen består omtrent 1-11 % av sprintdistanse, hvor hver sprint har en gjennomsnittlig varighet på 2-4 sekund (Stølen et al., 2005). Lengden på sprintene er også hovedsakelig korte (<10 m) (Di Salvo et al., 2010). Likevel dominerer aerob metabolisme i fotballkamp, ettersom det er nødvendig med hvile etter perioder med høy intensitet (Stølen et al., 2005). Mohr et al. (2003) så eksempelvis at en elite fotballspiller tilbringer omkring 60 % av en fotballkamp stillestående eller i gangehastighet (<6 km/t). Derimot har det blitt vist at 47 % av glykogenlagrene i muskelfibrene til *m.vastus lateralis* har vært nær tømt, eller fullstendig tømt, etter en fotballkamp (Krustrup et al., 2006). Dette tilsier at fotball fremdeles stiller krav til høyintensivt arbeid.

I den komplekse samling av faktorer som påvirker fotballprestasjon, er det også viktig å rette oppmerksomhet til de ulike spillerposisjonene i fotball. Disse har ulike taktiske og fysiske rollekrav. Midtbanespillere tilbakelegger eksempelvis størst totaldistanse i løpet av en kamp (Bangsbo et al., 2006), mens det har blitt vist at kantspillere tilbakelegger

lengst sprintdistanse (>25,2 km/t) i kamp (Di Salvo et al., 2010). Midtstopperne har derimot vist å tilbakelegge minst totaldistanse, høyhastighetsløping (>15 km/t) og sprintdistanse (>25,2 km/t) av alle spillerposisjonene (Di Salvo et al., 2010; Mohr et al., 2003). I tillegg har det blitt observert variasjoner i fysiske krav for samme posisjon i samme kamp. Mohr et al. (2003) så en variasjon på 1,9 km i høyhastighetsløp (>15 km/t) mellom midtbanespillere i samme kamp, som muligens kan ses i sammenheng med ulike taktiske rollekrav og fysisk kapasitet.

Det finnes også studier som har undersøkt kampanalyser av ungdomsspillere. Likedan som for seniorspillere, tilbakelegger også midtstopperne i denne aldersgruppen kortest totaldistanse og lavest høyintensiv aktivitet (>16,1 km/t). I tillegg viste kantspillere og spisser lengre sprintdistanse (>19,1 km/t) og høyintensiv aktivitet sammenlignet med de andre posisjonene (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010). Seward et al. (2016) observerte liknende trender, hvor midtstopperne tilbakela kortest totaldistanse, høyhastighetsløpdistanse (>45 % sprinthastighet ved 10-20 m) og sprintdistanse (>75 % sprinthastighet), mens kantspillerne tilbakela lengst distanse av samtlige posisjoner.

## **2.2 Endring i fysisk form**

Endringer i den fysiske formen gjennom ungdomsårene forekommer helt til voksenstadiet. Flere studier har sett at voksne utøvere presterte bedre enn ungdommer i hurtighet, spenst, agility, muskelstyrke og utholdenhet (Gabbett, 2002; Kelly et al., 2017; Mujika et al., 2009). I sistnevnte studie presterte riktignok juniorspillerne bedre i agility, mens det var ingen forskjell i spenst og hurtighet med seniorspillerne. Likevel virket det som om det var en bedre fysisk form hos eldre spillere i nevnte studier, som kan tyde på at det foregår en utvikling av fysisk form gjennom overgangsperioden fra ungdom til voksen. Nedenfor følger en redegjørelse av de vanligste fysiske egenskapene som utvikles gjennom ungdomsårene.

### **2.2.1 Hurtighet**

Hurtighet kan defineres som «det nevromuskulære systemets evne til å skape horisontal akselerasjon» (Gjerset et al., 2015, s. 443). Maksimal relativ styrke, hurtig muskelaktivering og andel av type II muskelfibere, samt anaerob metabolisme er bestemmende faktorer for hurtig kraftproduksjon og akselerasjon (Raastad et al., 2010). Lineær hurtighet har tidligere blitt identifisert som den mest avgjørende egenskapen for

målscoreing i fotball (Faude et al., 2012). Hurtighetstesting i fotball måles vanligvis gjennom en lineær hurtighetstest over en distanse fra 0-40 m (Gjerset et al., 2015). Hurtighetstesting har også vært vanlig å gjennomføre i ungdomsfotball, hvor flere studier har sett på utviklingen av hurtighet mellom aldersgrupper (Bidaurrazaga-Letona et al., 2014, 2015; Goto, 2012; Gil et al., 2014; Karahan, 2016; Malý et al., 2015; Mendez-Villanueva et al., 2011; Vänttinen et al., 2011; Williams et al., 2011; Wrigley et al., 2014). Studiene så en trend til forbedret utvikling av hurtighetsprestasjon med kronologisk alder. I studiene var hurtighet undersøkt gjennom tester fra 5, 10, 15, 20 og 30 m, i et aldersspenn fra 9-19 år. Motstridene fra alderstrenden, fant Gibson et al. (2013) ingen sammenheng mellom hurtighet og aldersgrupper. Studien sammenlignet riktignok to eldre aldersgrupper (U17-U19) og benyttet kort sprintdistanse (15 m).

### **2.2.2 Spenst**

Spenst kan defineres som «evnen til å hoppe høyt», og stiller krav til relativ kraftproduksjon over kort tid (Gjerset et al., 2015, s. 425). Likedan som for hurtighet vil maksimal relativ styrke, hurtig muskelaktivering og andel av type II muskelfibere, være bestemmende faktorer for spenst (Raastad et al., 2010). God spenst kan være avgjørende ved ballgjenerobring i duellspill eller ved målscoreing i fotball. Vertikal spenst testes ofte ved bruk av testene knebøyhopp (squat jump) og svikhopp (countermovement jump) (Gjerset et al., 2015). Spensttest er en enkel gjennomførbar test av relativ powerproduksjon i strekkapparatet (Paul & Nassis, 2015), og kan gi en indikasjon på konsentrisk styrke (Lloyd et al., 2015). Spensthopp kan være gunstig å teste fremfor styrketest da testen kan være mer kjent for en ungdomsutøver. I tillegg stiller styrketester nødvendighet for tidligere erfaring med vektløfting, som muligens kan føre til større skaderisiko ved testing (Paul & Nassis, 2015). Kraftplattform eller hoppmatter blir ofte benyttet ved undersøkelse av spensttest, hvor kraftplattform anses som gullstandard for testing av spenst (Raastad et al., 2010). Kraftplattform tar utgangspunkt i utgangshastighet, mens hoppmatter benytter svevetid for kalkulering av hopp høyde (Nielsen et al., 2018). Bruk av svevetid kan være utfordrende fordi det krever at utøvernes kroppsposisjon er identisk ved utgangsposisjon og landing (Aragón-Vargas, 2000).

En rekke tidligere studier av ungdomsspillere har sett utvikling av spenst med økt alder (Bidaurrazaga-Letona et al., 2014, 2015; Figueiredo et al., 2009; Goto, 2012; Karahan,

2016; Lloyd et al., 2015; Mirkov et al., 2010; Nikolaidis, 2014; Vänttinen et al., 2011; Williams et al., 2011; Wrigley et al., 2014). Likevel har noen andre studier ikke sett den samme sammenhengen, hvor for eksempel Malý et al. (2015) ikke så noen korrelasjon mellom spenstprestasjon og aldersgrupper (U16-U19-spillere). Samtidig fant Gil et al. (2014) ingen sammenheng mellom alder og spenst. I tillegg så Gravina et al. (2008) nedgang i spenst over en sesong for ungdomsspillere. Malý et al. (2015) pekte på at årsaken til manglende sammenheng kan ha skyldes store forskjeller i spenstprestasjon innad i aldersgruppene som følge av modning. Også Gravina et al. (2008) nevnte mulige modningsforskjeller som årsak.

### **2.2.3 Agility**

Agility kan defineres som «evnen til å utføre retningsforandring som en respons på ytre stimuli» (Sheppard & Young, 2006). Agility består av komponentene hurtighet og muskelstyrke. Riktignok er det usikkerhet omkring innflytelse av lineær hurtighet og muskelstyrke på agility prestasjon (Sheppard & Young, 2006). Rask utførelse av egenskapene akselerasjon, deselerasjon og retningsforandring kreves under en fotballkamp (Zouhal et al., 2019). Agility testes ofte i løpsløyper hvor det ikke stilles krav til reaksjonsstimuli (Stewart et al., 2014). Agility er en vesentlig egenskap for ungdomsspillere da den tidligere har vist å være den viktigste fysiske faktoren som skiller nivåforskjeller (Reilly et al., 2000). Flere studier av ungdomsspillere har vist at agility har vært relatert til alder (Bidaurrazaga-Letona et al., 2014, 2015; Figueiredo et al., 2009; Goto, 2012; Gil et al., 2014; Karahan, 2016; Lloyd et al., 2015; Lovell et al., 2015; Mirkov et al., 2010; Valente-dos-Santos et al., 2014; Vänttinen et al., 2011; Wrigley et al., 2014). Studiene benyttet en rekke ulike agility tester med et tidsspenn fra 2,27-20,55 sek for U9-U19 spillere.

### **2.2.4 Muskelstyrke**

Muskelstyrke kan defineres som «den maksimale kraften eller dreiemomentet en muskel eller muskelgruppe kan skape ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad et al., 2010, s. 13). Muskelstyrke deles ofte inn i begrepene maksimal styrke og eksplosiv styrke. Maksimal styrke stiller krav til størst mulig kraftutvikling over langsomme hastigheter, mens eksplosiv styrke avhenger av raskest mulig kraftutvikling. Power kan defineres som produktet mellom kraft og hastighet på bevegelsen, og er vanlig å benytte ved undersøkelse av eksplosiv styrke (Raastad et al., 2010). Faktorer som bestemmer

muskelens evne til å utvikle kraft deles vanligvis i to komponenter; muskulære og nevralt faktorer. Tverrsnitt av muskelgruppe, andel type II fibertypesammensetning, optimal muskellengde og momentarmer er muskulære faktorer som påvirker muskelstyrke (Raastad et al., 2010; Radnor et al., 2018). Rekruttering av store motoriske enheter, optimal fyringsfrekvens av motoriske enheter, og muskelkoordinering er nevralt faktorer tilknyttet muskelstyrke (Raastad et al., 2010; Radnor et al., 2018). I tillegg til andel type II fibre og optimal fyringsfrekvens, vil antall sarkomerer i serie, samt stor fjærstivhet i sene være gunstig for hurtig kraftutvikling og eksplosiv muskelstyrke (Raastad et al., 2010; Radnor et al., 2018).

Egenskapene hurtighet, akselerasjon og spenst vil i stor grad avhenge av muskelstyrke og kraftutvikling (Raastad et al., 2010). Dermed kan beinstyrke muligens være avgjørende for utfallet i mange fotballsituasjoner. Maksimal muskelstyrke kan testes gjennom maksimal motstand i relevant styrkeøvelse, eller i dynamometer, målt som konsentrisk, eksentrisk eller isometrisk kraft (Raastad et al., 2010), mens eksplosiv styrke eksempelvis kan måles gjennom spensttest eller isokinetisk dynamometer (Raastad et al., 2010). I nyere tid har det også blitt konstruert nye trykkbaserte motstandsutstyr som muligens kan være mer aktuelt ved idrettstesting enn dynamometer (Redden et al., 2018). Tidligere studier har sett en trend til at både isometrisk (Duarte et al., 2018; Vänttinen et al., 2011) og isokinetisk styrke (Bona et al., 2017; Hansen et al., 1999; Leatt et al., 1987; Mota et al., 2010) utvikles med alder for ungdomsspillere. På den annen side finnes det også avvik på styrkesammenhengen for ungdomsspillere, hvor Leatt et al. (1987) ikke så sammenheng mellom alder og knefleksjon. Også en annen studie av skoleelever så ingen sammenheng mellom alder og knefleksjonsstyrke eller kneekstensjonsstyrke etter det var kontrollert for høyde og vekt (De Ste Croix et al., 2002). Sistnevnte studie sammenlignet riktignok et ungt utvalg hvor aldersspennet var på 10-14 år.

### **2.2.5 Utholdenhet**

Utholdenhet kan defineres som «evnen til å arbeide med en relativ høy intensitet over tid» (Gjerset et al., 2015, s. 270). Utholdenhet ses ofte i sammenheng med det maksimale oksygenopptaket ( $VO_{2\text{ maks}}$ ), og bestemmes av sirkulasjonssystemet, kroppens energisystemer, arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad (Bassett & Howley, 2000). Aerob metabolisme dominerer i fotballkamp, mens anaerob metabolisme utgjør de mest

avgjørende bevegelsene, som sprint, hopp og taklinger (Stølen et al., 2005). Dermed kan både aerob og anaerob kapasitet anses som utslagsgivende for prestasjon i fotball (Bangsbo et al., 2008). Det er tenkelig at utholdenheten av energisystemene vil ha en påvirkning på fotballprestasjon, spesielt i slutten av kampene hvor muskeltrøtthet oppstår som følge av nær tømte energilagre (Krustrup et al., 2006). Ved kartlegging av utholdenhet i fotball, benyttes vanligvis Yo-Yo testene Intermittent Recovery level 1 (IR1-test) og Intermittent Recovery level 2 (IR2-test). IR1-test måler maksimal aktivering av det aerobe system, mens IR2-test måler evnen til å restituere fra arbeid ved større bidrag fra det anaerobe system (Bangsbo et al., 2008).

Tidligere studier har vist at utholdenhet utvikles med alder ved bruk av både IR1- (Bidaurrazaga-Letona et al., 2015; Francini et al., 2019; Goto, 2012) og IR2-test (Wrigley et al., 2014). Derimot fant Gil et al. (2014) ingen sammenheng mellom alder og IR1-prestasjon for ungdomsspillere, men studien benyttet riktignok et ungt utvalg ( $9,75 \pm 0,30$  år). Angående maksimalt oksygenopptak har det tidligere blitt vist trend til utvikling av både absolutt (Krahenbuhl et al., 1985; Strøyer et al., 2004) og relativ  $VO_2$  maks (Canhadas et al., 2010; Vänttinen et al., 2011) med alder for ungdommer. I tillegg har en doktorgradsavhandling sett økning i estimert  $VO_2$  peak med alder for ungdommer i litteraturen (Goto, 2012). Derimot så andre studier ingen sammenheng mellom relativ  $VO_2$  maks og alder (Cunha et al., 2011; Krahenbuhl et al., 1985; Strøyer et al., 2004), mens Gravina et al. (2008) fant ingen endring i oksygenopptak over en sesong for 10-14 åringer.

### **2.3 Vekst, modning og utvikling**

Vekst kan defineres som «økning i fysisk størrelse av kropp, muskel og skjelett» (Hills & Byrne, 2010). Vekst av høyde og vekt utvikles også med alder i ungdomsårene (Goto, 2012), hvor størst vekst forekommer omkring  $13,8 \pm 0,8$  år (Philippaerts et al., 2006). Pubertet kjennetegnes som en dynamisk vekstperiode hvor det forekommer markant vekst av kroppslig størrelse og komposisjon (Rogol et al., 2002). Perioden inntreffer vanligvis tidligere for jenter (11 år) enn gutter (13 år), hvor utfallet av perioden fører til betydelig fremgang i fysisk yteevne for gutter sammenlignet med jenter (Rogol et al., 2002). Likevel kan individuelle variasjoner av pubertetsperioden inntreffe fra 10-15 års alder for jenter og 12-16 års alder for gutter (Gjerset et al., 2015). Fremgangen i fysisk yteevne skyldes hovedsakelig økning i hemoglobinkonsentrasjon og muskelmasse etter

økt utskillelse av veksthormon og testosteron under puberteten for gutter (Landgraff & Hallén, 2020; Rogol et al., 2002). Modning er prosessen mot voksenstadiet, hvor vekst av organer, vev og skjelettet forekommer i forskjellig omfang og perioder (Beunen et al., 2006). Modning kan også assosieres med økt kroppsstørrelse i ungdomsårene (Goto, 2012, Malina et al., 2000; Malina et al., 2004).

Fysisk utvikling omhandler forbedring i ferdighet og motorisk kompleksitet (Hills & Byrne, 2010). Under kraftig vekstspurt forekommer hurtig vekst av bein-segmenter og en forsinket utvikling av muskelmasse, slik at det kan oppstå vanskeligheter med nevro-motorisk styring for enkelte ungdomsutøvere. Denne sårbare fasen for nevro-motorisk kontroll vil medføre utfordringer knyttet til utførelse av nye og tidligere innlærte bevegelsesmønstre (Corso, 2018). I tillegg har barn også vist en større aktivering av antagonister gjennom løpsbevegelse enn eldre ungdommer – antakeligvis som følge av en større nødvendighet for neuromuskulære kontroll (Frost et al., 1997). Variasjonen i fysisk yteevne kan derfor muligens også ses i sammenheng med variasjon i vekst i barne- og ungdomsårene.

Betydningen av faktorene vekst, modning og fysisk utvikling relatert til endring i fysisk form har tidligere blitt undersøkt i ungdomsfotball. I litteraturen benyttes ofte tre ulike metoder ved undersøkelse av modningsstatus; det reproduktive systemet, morfologiske systemet og skjelettsystemet. Skjelettmodning utpeker seg fordi metoden anses som en bedre indikasjon på modningsstatus. Metoden tar utgangspunkt i utvikling av skjelettet fra hånd eller håndledd med et referanseutvalg spesifikt for metoden for å estimere skjelettalder (Beunen et al., 2006). Flere studier viser at egenskapene hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke kan relateres til modningsgrad for ungdomsspillere (Asadi et al., 2018; Bidaurrezaga-Letona et al., 2014; Cunha et al., 2017; Grendstad et al., 2020; Figueiredo et al., 2009; Hammami, Chaouachi et al., 2016; Lloyd et al., 2015; Lovell et al., 2015; Malina et al., 2004; Meylan et al., 2014; Murtagh et al., 2018; Valente-dos-Santos et al., 2014).

Resultatene fra De Ste Croix et al. (2002) motstrider imidlertid sammenhengen for modning og muskelstyrke. Årsak til avvik fra sammenhengen skyldes antakeligvis individuelle forskjeller i vekst, hvor noen ungdommer oppnår endring i muskelstyrke lineært med muskelvekst (Tonson et al., 2008), mens andre oppnår størst endring i

muskelstyrke som følge av nevrale tilpasninger (Gillen et al., 2019). Det har også vært avvik fra sammenhengen mellom modning og agility for ungdomsspillere (Figueiredo et al., 2009; Goto, 2012; Lovell et al., 2015). Muligens kan det kanskje forklares av den tvetydige relasjonen mellom muskelstyrke og agility. På den ene siden har muskelstyrke blitt nevnt som en bestemmende faktor for agility-prestasjon (Raastad et al., 2010). På den annen side har det også blitt foreslått usikkerhet omkring betydningen av muskelstyrke på agility-prestasjon (Sheppard & Young, 2006). Annen mulig årsak til avvik fra modningsammenheng for agility og muskelstyrke i nevnte studier kan skyldes redusert muskelkoordinasjon. Enkelte ungdommer som er i den sårbare fasen for motorisk utvikling og læring, kan ha utfordringer med redusert motorisk evne og muskelkoordinasjon som følge av vekst (Corso, 2018). Redusert maksimal nevralt muskelaktivering, balanse og muskelkoordinasjon som følge av hurtig vekst vil antakeligvis være hemmende for både agility og muskelstyrke i ungdomsårene.

I tillegg til de nevnte fysiske egenskapene, har også modning blitt studert i relasjon til utholdenhet og  $VO_{2\text{ maks}}$  i ungdomsårene. Det har det vært noe usikkerhet knyttet til denne sammenhengen i litteraturen: På den ene siden har modning vist sammenheng med IR1 (Malina et al., 2004) og  $VO_{2\text{ maks}}$  (Jones et al., 1993). Sammenhengen skyldes sannsynligvis at fettfri masse øker gjennom modning (Rogol et al., 2002), og at fettfrimasse tidligere har vist størst innflytelse på utvikling av  $VO_{2\text{ maks}}$  for ungdommer (Armstrong & Welsman, 2019). Dette har igjen blitt sett i andre ungdomsstudier hvor det var større  $VO_{2\text{ maks}}$  ved større muskelmasse (Grendstad et al., 2020; Reilly et al., 2000). På den annen side var verken utholdenhet (Figueiredo et al., 2009; Grendstad et al., 2020) eller  $VO_{2\text{ maks}}$  (Cunha et al., 2011; Grendstad et al., 2020) relatert til modning for ungdomsspillere i andre studier. I den ene studien var dessuten modning studert ved bruk av skjelettalder (Figueiredo et al., 2009), mens i studien til Grendstad et al. (2020) viste elitespillerne bedre muskelmasse som muligens kan ses i sammenheng med bedre utholdenhet og  $VO_{2\text{ maks}}$  – selv om det ikke var modningsforskjeller. I tillegg var det i en annen studie lavere relativ  $VO_{2\text{ maks}}$  for spillere ved større muskelmasse (Vänttinen et al., 2011). Dermed virker litteraturen å gi en tvetydig fremstilling om hvorvidt utholdenhet utvikles med modning i ungdomsårene.

Ettersom også muskelmasse utvikles i ungdomsårene kan endring i muskelmasse være med å forklare noe av utviklingen i fysisk form hos ungdomsspillere. Det er



eksempelvis kjent at muskelmassen i en muskelgruppe i stor grad er bestemmende for muskelstyrke (Radnor et al., 2018). Dette har også blitt påvist for skoleelever (De Ste Croix et al., 2002) og ungdomspillere (Duarte et al., 2018; McKinlay et al., 2018). De Ste Croix et al. (2002) så likevel ingen sammenheng etter det var kontrollert for høyde og vekt. Studier har også sett at større muskelmasse gjennom større tverrsnitt av type II muskelfibre har vært gunstig for hurtighet, spenst og muskelstyrke (Methenitis et al., 2016; Seitz et al., 2016). I tillegg har andre ungdomsstudier observert forskjeller i muskelmasse som muligens kan relateres til forskjeller i hurtighet, spenst eller styrke (Grendstad et al., 2020; Hoshikawa et al., 2013; Reilly et al., 2000; Vänttinen et al., 2011). Det er også mulig at styrkefremgang i ungdomsårene hovedsakelig kan skyldes forbedret nevralt tilpasninger, fremfor muskulære endringer (Gillen et al., 2019). Dette underbygges eksemplvis av studien til Gravina et al. (2008) hvor det ikke ble observert noen endring i muskelmasse over en sesong for ungdomspillere. Grendstad et al. (2020) så heller ingen forskjell i muskelstyrke for ungdomspillere selv om det var forskjeller i muskelmasse i studien.

## **2.4 Trening og fysisk form**

I tillegg til at modning har vist sammenheng med endring i fysisk form, har også en rekke studier undersøkt hvilken effekt trening har på fysisk form hos ungdomspillere. Treningseffekten for ungdomspillere har i enkelte studier blitt undersøkt gjennom spesifikk trening. Eksempelvis har treningsperioder fra 6-8 uker med plyometrisk trening vist god effekt på utvikling av hurtighet, spenst og agility for ungdomspillere (Asadi et al., 2018; Hammami, Negra et al., 2016; Meylan & Malatesta, 2009; Ramírez-Campillo et al., 2015). Studien til Hammami, Negra et al. (2016) fant riktignok ingen fremgang i agility etter treningsperioden, og pekte på valg av agility test, treningsinnhold og utvalgets fysiske inngangsform, som mulige forklaringer. Studien til Ramírez-Campillo et al. (2015) påviste også fremgang i IR1-prestasjon etter treningsperioden, og forklarte forbedringen med at fremgang i eksplosiv prestasjon kan gi økt kvalitet i retningsforandringene i IR1-testen. I tillegg har 8 uker med agility og hurtighetstrening vist forbedring av hurtighet og spenst (Jovanovic et al., 2011), mens 12 uker kombinert isometrisk og plyometrisk trening har resultert i fremgang i hurtighet og agility for ungdomspillere (García-Pinillos et al., 2014). Fremstilling ovenfor virker å gi en tydelig indikasjon på treningseffekt av hurtighet, spenst og agility med spesifikk trening for ungdomspillere.

Andre ungdomsstudier har også undersøkt hvilken effekt styrketrening har på utvikling av fysisk form. Styrketrening har gitt fremgang i både kneekstensjon (McKinlay et al., 2018) og knebøy (Meylan et al., 2014), men også fremgang i hurtighet og agility for ungdomsspillere (Hammami et al., 2017). Før og etter puberteten kan ungdommer oppnå god effekt av styrketrening for økt muskelstyrke (Gjerset et al., 2015). Muskelstyrke har vist en nær relasjon til hurtighet tidligere, mens agility-prestasjon stiller betydelige krav til muskelstyrke, ettersom det utføres akselerasjoner, oppbremsinger og vendinger (Raastad et al., 2010). Derfor er det ikke overraskende at styrketrening kan føre til fremgang i både hurtighet og agility for ungdomsspillere.

Treningsmengde har også blitt undersøkt i sammenheng med fysisk form for ungdomsspillere. Eksempelvis så Grendstad et al. (2020) at treningsmengde var relatert til bedre hurtighet, spenst, styrke, power og IR1-prestasjon for ungdomsspillere. Likevel utelukket ikke studien at forskjellene i fysisk form kunne skyldes andre faktorer, som eksempelvis modning. Wrigley et al. (2014) så at fotballspillere hadde større utvikling enn ungdommer i hurtighet, spenst, agility og IR2-prestasjon, uavhengig av modning og inngangsverdier i fysisk form. I en annen studie var det observert at fotballspillere med større treningsmengde presterte bedre på hurtighet, spenst og absolutt og relativ isometrisk beinpress (Gissis et al., 2006). Også Mirkov et al. (2010) så større fremgang i spenst for ungdomsspillere enn utrente ungdommer. Det var spekulasjoner hvorvidt fotballtreningsmengden kunne forklare forskjellene, men studiene utelukket ikke at annen trening, som fotballspesifikk trening eller styrketrening, kunne forklare fremgangen. Murtagh et al. (2018) observerte også forskjeller i hurtighet og spenst mellom ulike spillernivå i ungdomsfotball. Likevel forklarte studien at forskjeller i treningsmengde ikke ensbetydende kunne tilknyttes utvikling av fysisk prestasjon. Videre så Hansen et al. (1999) at ungdomsspillerne med større treningsmengde presterte bedre i isometrisk kneekstensjon. En mulig større muskelmasse i gruppen med større treningsmengde, samt at et tidlig treningsregime muligens kan ha ført til bedre evne til muskelaktivering, ble forklart som mulige faktorer som var fordelaktige for utviklingen av muskelstyrken. Likevel var det i en annen longitudinell studie ingen påviste forskjeller i muskelstyrke mellom ungdomsspillere og ungdommer før 17-års alder (Vänttinen et al., 2011). Mangel på forskjell ble forklart ved manglende styrketrening i fotballgruppen. Fotballspillerne hadde mindre muskelmasse enn ungdommene i enkelte av aldersgruppene i studien som kan forklare manglende forskjeller. Oppsummerende

virker en større fotballtreningsmengde å vise trend til bedre fysisk kapasitet i spenst, hurtighet, muskelstyrke for ungdomsspillere. Derimot pekte flere av studiene på andre faktorer som også kunne forklare årsaken til økt fysisk fremgang, fremfor treningsmengden.

I tillegg til nevnte fysiske egenskaper, har også studier undersøkt utvikling av utholdenhet i relasjon med treningsmengde. Eksempelvis så Carvalho et al. (2014) en positiv effekt av treningsmengde over en sesong på utvikling av IR1-prestasjon for ungdomsspillere. Studien forklarte resultatet med at fotballspesifikk trening hadde en mulig positiv effekt på utvikling av aerob kapasitet. Dette var også i tråd med studien til Grendstad et al. (2020), som trakk frem treningsmengde som en mulig forklarende faktor på forskjellene i IR1-prestasjon, da det ikke korrelerte med modning. Også Wrigley et al. (2014) så en utvikling av IR2-prestasjon uavhengig av modning og inngangsverdier i IR2-prestasjon, som muligens kunne skyldes forskjell i fotballtreningsmengde. Malina et al. (2004) så også i sin studie at IR1-prestasjon var signifikant forklart av år med fotballtreningserfaring.

Trenbarheten av aerob yteevne for ungdommer har vært usikkert over lengre tid. Likevel virker det som om trening kan føre til økt aerob kapasitet i ungdomsårene, selv om trenbarheten vil være mindre enn som voksen (Dotan, 2017). I en studie av junior fotballspillere økte  $VO_{2\text{ maks}}$  med  $6,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  etter 8 uker med intervalltrening (Helgerud et al., 2001). Riktignok var juniorspillere nærmere voksenalder i studien ( $18,1 \pm 0,8$  år). Samtidig er prestasjon av utholdenhet også bestemt av andre faktorer enn kun  $VO_{2\text{ maks}}$ , slik som arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad (Bassett & Howley, 2000). De overnevnte studiene tyder med andre ord på at utholdenhet også kan utvikles med treningsmengde i ungdomsalderen.

Likevel vil bruk av treningsmengde slik overnevnte studier benyttet gi manglende informasjon om hvordan forskjellene i treningsmengde kan ha påvirket utvikling av fysisk form. For å oppnå bedre forståelse hvordan treningsmengde kan ha påvirket utvikling av fysisk form er det derfor nødvendig å undersøke treningsinnhold og treningsbelastning. Nedenfor følger en redegjørelse av treningsbelastning i fotball.

## **2.5 Treningsbelastning**

Trening er et stimuli som skaper en fysiologisk respons, hvor vedvarende systematisk trening kan skape en fysiologisk adaptasjon i form av cellulære tilpasninger i organsystem (Impellizzeri et al., 2019). Overvåkning og individuell oversikt over treningsbelastning er nødvendig for å oppnå ønskelig treningseffekt (Impellizzeri et al., 2019). I litteraturen deles vanligvis treningsbelastning inn i intern belastning og ekstern belastning. Intern belastning kan defineres som respons på ytre arbeid, mens ekstern belastning beskriver det ytre arbeidet en utøver har utført (B. Scott et al., 2013). Overvåkning av treningsbelastning kan være interessant både i et prestasjonsrettet perspektiv og et skadeforebyggende perspektiv.

Fra et prestasjonsrettet perspektiv kan overvåkningen gi informasjon omkring hvilket arbeid som har blitt utført, samt utøverens respons til det. Informasjonen kan videre benyttes til å evaluere nødvendighet for individuell tilpasning av treningsinnhold (Bourdon et al., 2017). Samtidig kan trening enklere dokumenteres individuelt, da teknologi gjør det mulig å overvåke flere utøvere samtidig uavhengig av hverandres arbeid (Scott et al., 2016). I tillegg kan det være nyttig å overvåke treningsbelastning fordi det kan bidra til å redusere risikoen for overtrening og skader. Ved bedre oversikt over treningsbelastning kan perioder med stor belastning oppdages, slik at aktiviteten kan tilrettelegges. Kartlegging av treningsbelastning er spesielt viktig for ungdomsutøvere ettersom optimal treningsmengde kan føre til lengre sportslig deltakelse (Bourdon et al., 2017). For ungdomsutøvere har kraftig høydevekst og modning blitt assosiert som mulige risikofaktorer for utvikling av skader (Wik et al., 2020). Utvikling av overbelastningsskader kan videre ha stor betydning for sportslig deltakelse, da en studie så korrelasjon mellom overbelastningsskader og frafall fra idrett (Huxley et al., 2014).

### **2.5.1 Intern belastning**

De to vanligste metodene for å måle intern belastning i idrett er hjertefrekvens og Rating of Perceived Exertion (RPE), men det finnes også andre metoder som biokjemisk- og hormonellmåling, måling av laktatkonsentrasjon og spørre- og velværeskjema (Halson, 2014). Tidligere var det vanlig å bruke hjertefrekvens som et internt belastningsmål i fotball, men metoden er riktignok begrenset til estimering av aerob energiomsetning (Alexandre et al., 2012).

Det andre interne belastningsverktøyet som vanligvis har blitt brukt i idrett er RPE. I 2001 introduserte Foster et al. en RPE-skala for kartlegging av intern treningsbelastning. Belastningsskalaen gikk fra 0-10, hvor 0 var hvile og 10 var opplevd maksimalt arbeid. For kartlegging av treningsbelastning av treningsøkt ble RPE multiplisert med treningsvarighet for kalkulering av Session Rating of Perceived Exertion (sRPE) (Foster et al., 2001). Denne metoden anses som en valid indikator for måling av intern belastning i fotball, ettersom sRPE har vist god korrelasjon med hjertefrekvens ( $r=0,60$ ,  $p<0,05$ ;  $r=0,50-0,85$ ,  $p<0,01$ ) (Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004). sRPE er et gunstig belastningsverktøy ettersom den er enkel å bruke og krever ikke noe kostnad (Impellizzeri et al., 2004). Riktignok kan metoden muligens påvirkes av sosiologiske faktorer, alder, kjønn og fysisk form. Derimot har metoden også vist til god validitet og reliabilitet i flere ulike idretter for både ungdommer og voksne (Haddad et al., 2017).

### **2.5.2 Ekstern belastning**

Tidligere ble det benyttet bevegelsesanalyse i form av video til å undersøke ekstern belastning i idrett. Metoden var tidkrevende, og begrenset seg til samtidig overvåkning av flere utøvere (Scott et al., 2016). I nyere tid har det vært vanlig å benytte GPS ved måling av ekstern belastning i lagidrett (Cummins et al., 2013). Systemet er tidseffektivt og muliggjør umiddelbar analyse av flere utøvere samtidig, som gjør den svært praktisk i lagidrett (Scott et al., 2016). Systemet har senere blitt vanlig å bruke i fotball for undersøkelse av bevegelse gjennom hastighetssoner, totaldistanse og antall akselerasjoner og deselerasjoner (Cummins et al., 2013). I tillegg har nye avanserte GPS-enheter også integrert tri-aksialt akselerometer, som kalkulerer summen av akselerasjoner i tre plan. Akselerometer kan dermed uttrykke belastning ut fra hvor store krefter som virker på utøver i alle tre plan. I tillegg opererer akselerometeret uavhengig av satellittilkobling, som gjør verktøyet nyttig ved innendørs idrettsaktivitet (Scott et al., 2016).

Etter introduksjon av GPS i lagidrett, har også nøyaktigheten til systemene blitt undersøkt i studier. De første GPS-systemene var begrenset til en innsamlingsfrekvens på 1 Hz, mens moderne GPS-system ofte opererer med frekvenser på 5, 10 og 15 Hz. 1 Hz og 5 Hz hadde utfordringer med overvåkning av høyhastighetsløping og retningsforandringer tidligere. Derimot har GPS system med 10 Hz vist god validitet og

reliabilitet til bruk i lagidrett også ved høyere hastighet, men innsamlingsfrekvenser på 15 Hz ikke har vist bedre validitet og reliabilitet enn 10 Hz. (Scott et al., 2016).

### **2.5.3 Treningsbelastning hos ungdomsspillere**

I likhet med utvikling i fysisk form, viser studier tendens til økende ekstern belastning med kronologisk alder for ungdomsspillere. Eksempelvis var det økende totaldistanse med alder for U11-U16 spillere, mens høyhastighetsløpdistanse viste ingen forskjeller med alder (Goto, 2012). Riktignok viste studien til svak sammenheng mellom prosentvis tid i høyhastighetsløpdistanse og alder ( $r = -0,34$ ,  $p < 0,01$ ). Derimot har eldre ungdomsspillere vist større ekstern belastning enn yngre spillere i en annen studie for totaldistanse, veldig høyintensiv aktivitet ( $>16,1$  km/t), og sprintdistanse ( $>19,1$  km/t) (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010). I tillegg så Seward et al. (2016) en trend til økende totaldistanse, høyhastighetsløpdistanse ( $>45$  % sprinthastighet), og sprintdistanse ( $>75$  % sprinthastighet) ved alder for U9-U18-spillere. Harley et al. (2010) så også at de eldste spillerne tilbakela større totaldistanse, høyintensiv distanse, veldig høyintensiv distanse og sprintdistanse sammenlignet med de yngre spillerne. Likevel fant ikke studien like mange forskjeller i aldersgruppene U12-U16 da parameterne ble undersøkt relativt til kampvarighet. Goto & Seward (2020) så liknende funn, hvor absolutt totaldistanse økte med alder for U13-U18 spillere, mens det var ingen forskjell mellom aldersgrupper da totaldistanse var studert relativt til kampvarighet. Videre påviste studien korrelasjon mellom alder og høyhastighetsløping ( $>4,0$  m/s) ( $r = 0,54$ ), sprinting ( $>7,0$  m/s) ( $r = 0,58$ ), og veldig høyhastighetsløping ( $>5,5$  m/s) ( $r = 0,56$ ). Selv da det var justert for kampvarighet var det fremdeles fremgang med økende alder for nevnte parametre.

I tillegg til utvikling av ekstern belastning med alder, har også studier undersøkt ekstern belastning i sammenheng med modning. Eksempelvis så Goto et al. (2019) at tidlig modnede spillere tilbakela 13 % større totaldistanse i fotballkamp enn senere modnede U9/U10-spillere. Riktignok spilte også de tidligere modnede spillerne omtrent 6 min lenger per kamp enn de senere modnede spillerne. I samme studie var det også sammenheng mellom modning og absolutt høyhastighetsløpdistanse ( $r = -0,69$ ) og høyhastighetsløpdistanse relativt til kampvarighet ( $r = -0,57$ ) for U13/14-spillerne. Tidligere modnede spillere løp også omtrent 200 m lengre høyhastighetsløpdistanse enn senere modnede spillere i kamp ( $p < 0,001$ ). Også en annen studie så at tidligere

modnede spillere (U9-U16) tilbakela en større totaldistanse i kamper, men spillerne hadde riktignok også lengre kampspilletid (Goto, 2012). I samme studie tilbakela også tidligere modnede U13-U14-spillere en lengre høyhastighetsløpsdistanse per tid, samt en større prosentvis høyhastighetsløpsdistanse i kamp enn senere modnede spillere. U15-U16-spillerne i studien viste derimot ingen sammenhenger med modning og kampprestasjon.

Ettersom høyhastighetsaktivitet virker å være relatert til alder og modning, kan det tenkes at bruk av absolutte høyhastighetssoner kan underestimere høyhastighetsaktivitet og ekstern belastning for yngre spillere. I tillegg har yngre spillere vist trend til å oppnå en større prosentandel av deres maksimale hastighet i fotballkamp sammenlignet med eldre spillere (Al Haddad et al., 2015). Årsaken skyldes antakeligvis at ved økende alder, fører økt kroppsstørrelse til at det blir en mindre relativ banestørrelse for eldre spillere å avdekke. Videre forklarte studien at yngre spillere, muligens behøver en mindre distanse for å oppnå maksimal hastighet enn eldre og raskere spillere (Al Haddad et al., 2015). Med tanke på ovenforstående informasjon har bruken av relative hastighetssoner vært gunstig ved sammenligning av forskjellige aldersgrupper i ungdomsfotball.

En metode som har blitt brukt er inndeling av relative hastighetssoner basert på sprinthastighet gjennom måling i hurtighetstest. Ved denne tilnærmingen var høyhastighetsaktivitet relativ til kampvarighet, og den var ikke større for de eldste spillerne sammenlignet med de yngste for U12-U16 spillere (Harley et al., 2010). Riktignok så studien at U14-spillerne hadde både større veldig høyintensiv løpsdistanse ( $p=0,026$ ) og sprintdistanse ( $p=0,006$ ) sammenlignet med U13-spillerne. Mens Goto & Saward (2020) så at bruk av absolutt hastighetszone sammenlignet med metabolsk hastighetszone ( $>20$  W/kg) underestimerte høyintensiv løpsdistanse ( $>4,0$  m/s) for yngre ungdomsspillere. Studien forklarte underestimeringen med at yngre spillere antakeligvis arbeider med høyintensiv aktivitet på lavere relative hastigheter enn de eldre spillerne. Likevel så Saward et al. (2016) fremdeles en trend til større høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse med alder, da studien brukte relative hastighetssoner for U9-U18-spillere. Trenden viste derimot til utflating av høyhastighetsløpsdistanse ved 16,1 år og sprintdistanse ved 17,3 år. Studien forklarte utflatingen av høyhastighetsløpsdistansen med at det er et større taktisk krav for de eldre aldersgruppene, som sannsynligvis i

mindre grad krever arbeid på hastigheter opp mot deres maksimale evne. Resultatene ovenfor belyser betydningen gjennom bruk av relative hastighetssoner i ungdomsfotball. Relative hastighetssoner virket å gi en bedre tilretteleggelse av ekstern belastning, vedrørende hensyn til forskjeller i fysisk kapasitetsevne mellom aldersgrupper.

I studiene presentert til nå, har ekstern belastning kun vært undersøkt gjennom kampbelastning. Noen få andre studier har også undersøkt treningsbelastning gjennom måling av flere treningsøkter i treningsuker hos ungdomsspillere. Hannon, Coleman et al. (2021) så trend til økende totaldistanse, høyhastighetsløpsdistanse (19,8-25,2 km/t) og sprintdistanse (>25,2 km/t) med økende alder, hvor det var flest forskjeller mellom de eldste ungdomslagene (U16-U18) og de yngste (U12-U13) i treningsbelastning. Riktignok var også ukentlig treningsvarighet større for de eldste spillere i studien ( $p<0,01$ ). En annen ungdomsstudie så en større total intern treningsbelastning for eldre spillerne (U18) sammenlignet med de yngre (U14-U16) ( $p<0,001$ ) (Wrigley et al., 2012). U18-laget hadde riktignok også en gjennomsnittlig lengre treningsvarighet enn U14-spillerne i studien. I tillegg var akkumulert totaldistanse og treningsvarighet gjennom to uker med treningsbelastning større for de eldste spillerne (U18 og U15), sammenlignet med de yngste (U12/13) i en annen studie ( $p<0,01$ ) (Hannon, Parker et al., 2021). Det var imidlertid ingen forskjell mellom U18 og U15 spillerne i studien. Oppsummerende virker treningsbelastning i studiene ovenfor også å øke med alder. Riktignok var også treningsvarighet lengre i studiene for de eldste spillerne – muligens som følge av flere og lengre treningsøkter.

## **2.6 Sammenheng mellom treningsbelastning og fysisk form**

I gjennomgangen over virket både fysisk form og treningsbelastning å endres ved alder i ungdomsårene. Samtidig virket trening også å ha effekt på utvikling av fysisk form hos ungdomsspillere.

Relasjonen mellom treningsbelastning og fysisk form for ungdomsspillere har i liten grad vært studert tidligere. Riktignok har flere studier undersøkt hvorvidt fysisk form kan relateres til fysisk kampprestasjon. Eksempelvis har sprinthastighet fra 40 m sprint, korrelert godt med maksimal kamphastighet i ungdomsfotball ( $r=0,69$ ) (Al Haddad et al., 2015). Mens en annen studie så at 10 m og 30 m sprint prestasjon viste sammenheng



med flere variabler i småbanespill og storbanespill (Castillo et al., 2020), hvor hurtighetsprestasjon var sett i sammenheng med større løpsdistanse ved rask-jogg (14-21 km/t) og sprinting (> 21 km/t) i storbanespill. I tillegg var det også korrelasjon for hurtighet med både høyintensive akselerasjoner (> 4,0 m/s<sup>2</sup>), og deselerasjoner. Det kan dermed virke som om hurtighetstester kan gi en god indikator på kamprelatert fysisk form for ungdomsspillere.

I tillegg så Buchheit, Mendez-Villanueva et al. (2010) at veldig høyintensiv aktivitet (>16,1 km/t) var relatert til prestasjon i sprinthastighet, spenst og trinnvis utholdenhetstest. Studien pekte på at testene kunne være gode indikatorer for kampprestasjon. Videre så en doktorgradsavhandling at totaldistanse i fotballkamp var negativt korrelert med sprint og agility, men positivt korrelert med spenst og utholdenhet for U11-U16-spillere (Goto, 2012). Likevel kan det hende at alder var en konfunderende faktor for sammenhengen, ettersom eldre spillere både løp lengst i kamp og presterte bedre på de fysiske testene i studien. Spesifikt for aldersgruppene var det også sammenheng mellom høyhastighetsløpsdistanse med spenst ( $r=0,47$ ,  $p<0,01$ ) og IR1-prestasjon ( $r=0,54$ ,  $p<0,05$ ) for U11-U13 spillere. Derimot for U14-U16 var det ingen sammenheng mellom kampbelastning og fysisk form. Studien pekte på at spillerne kan ha nådd tilstrekkelig fysisk form slik at de fysiske egenskapene ikke var en begrensende faktor for kampprestasjon.

En rekke studier har også undersøkt utholdenhet i sammenheng med kampprestasjon i ungdomsfotball. Eksempelvis så Castagna et al. (2009) at IR1-prestasjon korrelerte med høyintensivløping (13-18 km/t) ( $r=0,71$ ), høyintensiv aktivitet (>13 km/t) ( $r=0,77$ ), og totaldistanse ( $r=0,65$ ) i fotballkamp for ungdomsspillere. Dette var i tråd med studien til Rebelo et al. (2014), hvor IR1-prestasjon var korrelert med tilbrakt tid i sprintsone (>18 km/t) ( $r=0,63$ ) og høyintensiv aktivitet (13 km/t) i fotballkamp ( $r=0,56$ ). Studien benyttet riktignok videoanalyse og ikke GPS til måling av ekstern belastning. På den annen side så Mendez-Villanueva et al. (2012) negativ korrelasjon mellom estimert maksimal aerob hastighet og løpsdistanse over maksimal aerob hastighet for U13-U18 spillere i fotballkamp. En større aerob kapasitet var ikke avgjørende for prestasjon av høyhastighetsløping i kamp, men kunne være fordelaktig ved lavere relative løpshastigheter ifølge studien. Studien forklarte også at spillerposisjoner og taktikk muligens kan være forklarende faktorer som påvirket sammenhengen. Videre så studien

til Aquino et al. (2018), heller ingen sammenheng mellom IR1-prestasjon og løpshastighetssoner over 13 km/t gjennom videoanalyse i fotballkamp. Derimot så studien en sammenheng mellom IR1-prestasjon og medium intensiv løpshastighet (8,01-13 km/t) ( $r=0,43$ ) og mellom agility tid og topphastighet ( $r= -0,41$ ).

Felles for de overnevnte studier var at ingen av dem undersøkte treningsbelastning, samt at ingen så på endring i fysisk form. Derimot finnes det en studie av ungdomsspillere som har studert sammenhengen mellom treningsbelastning med endring i fysisk form (Fitzpatrick et al., 2018). I studien var det riktignok ingen tydelig sammenheng mellom absolutte høyhastighetssoner og endring i estimert aerob hastighet over 6 uker for ungdomsspillere. Derimot så studien en sammenheng mellom tid tilbrakt i maksimal aerob hastighetssone og endring i estimert aerob hastighet ( $r=0,77$ ) over 6 uker. Bruk av individuelle hastighetssoner og tid tilbrakt i hastighetssoner kan altså være nyttig ved undersøkelse av individuell treningsbelastning og endring i individuell fysisk form.

Oppsummerende virket hurtighet, spenst og utholdenhet å være relatert til kampbelastning for ungdomsspillere, mens spenst og muskelstyrke har vært undersøkt i liten grad. I tillegg har bare et av nevnte studier undersøkt treningsbelastning, men kun over en kort periode. Derfor er det interessant å undersøke treningsbelastning over en lengre periode i sammenheng med endring i fysisk form for å kartlegge hvorvidt endring i fysisk form kan være relatert til treningsbelastning i ungdomsårene.

## 3. Metode

### 3.1 Studiedesign

Masterprosjektet var et observasjonsstudium av fotballsesongen 2020. Prosjektet undersøkte endring i fysisk form hos ungdomsfotballspillere ved bruk av fysiske tester, samt treningsbelastning i bestemte perioder i løpet av sesongen ved bruk av GPS og sRPE. Prosjektet undersøkte også sammenhengen mellom treningsbelastning og endring i fysisk form. Studiet foregikk fra 18.januar til 6. desember. Gjennomføringen av studiet var påvirket av koronavirusutbruddet.

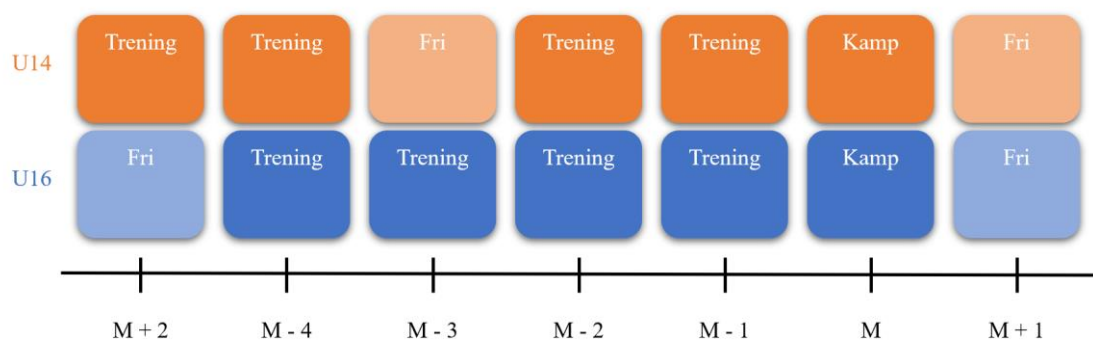
### 3.2 Utvalg og inklusjonskriterium

To aldersbestemte mannlige ungdomslag fra den øverste divisjonen i Norge deltok i studien. Lagene bestod av to sammenslåtte alderskull: U14 (spillere født år 2006 og 2007) og U16 (spillere født år 2004 og 2005). Keeperne fra begge ungdomslag var ekskludert fra studien med hensyn til både unik rolle og fysiske arbeidskrav sammenlignet med utespillere (Di Salvo et al., 2008). Deskriptiv statistikk av ungdomslagene foreligger i tabell 3.1.

**Tabell 3.1:** Deskriptiv data av ungdomslagene ved oppstart av prosjektet 18.januar. Spillere uten verdi for høyde og vekt ved 18.januar er inkludert med måleverdi fra sitt første registrerte testtidspunkt. Verdier er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.

| Lag    | Alder (år)     | Høyde (cm)       | Vekt (kg)       | Antall (n) |
|--------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| U14    | 12,6 $\pm$ 0,6 | 161,7 $\pm$ 8,1  | 46,9 $\pm$ 8,4  | 28         |
| U16    | 14,7 $\pm$ 0,6 | 175,3 $\pm$ 7,1  | 60,5 $\pm$ 7,3  | 28         |
| Totalt | 13,7 $\pm$ 1,2 | 168,5 $\pm$ 10,2 | 53,7 $\pm$ 10,6 | 56         |

Ungdomslagene benyttet metodologien taktisk periodisering til planlegging og gjennomføring av treningsøktene (Mendez-Villanueva, 2012). I praksis er det tiltenkt at den ukentlige periodiseringen skal utvikle/vedlikeholde tre fysiske egenskaper – styrke, utholdenhet og hurtighet gjennom tre hovedøkter i løpet av uken (Buchheit et al., 2018). I en ordinær treningsuke gjennomførte begge ungdomslag fire treningsøkter og en kamp (M=Match) (figur 3.1). Lavere treningsbelastning var planlagt for treningsøkten dagen før kamp (M - 1) og første treningsdag etter kamp (U14: M + 2, U16: M - 4) sammenlignet med de to andre treningsdagene i uken (figur 3.1).



**Figur 3.1:** Oversikt over en ordinær treningsuke for U14 (oransje) og U16 (blå) i fotballsesongen 2020. Dagene er inndelt i nærhet til kamp (M). M=match, +/- =antall dager i nærhet til/fra kamp.

### 3.3 Datainnsamling

Datainnsamlingen i studien var todelt; fysisk testing og treningsbelastning. Fysiske tester bestod av fire testtidspunkt for begge ungdomslag (figur 3.2). Fysisk testing ble utført i perioder med lav kampbelastning og unngått i perioder med lav deltakelse (krets- og landslagssamling). Selv om tilvenning til tester er viktig for i større grad å kunne forsikre se om at forbedring i resultat skyldes forbedret prestasjonsevne (Gjerset et al., 2015), ble tid til tilvenning vurdert som utfordrende da ungdomslagene i utgangspunktet hadde et tett trenings- og kampprogram ved starten av prosjektet. Riktignok var alle spillerne kjent med løpstestene fra tidligere med unntak av de yngste spillerne på U14-laget. Styrketestene var nytt for spillerne, likevel øker påliteligheten til en styrketest når oppvarmingsrutiner blir utført i forkant av testen (Raastad et al., 2010).

Treningsbelastning ble undersøkt i tre to-ukers perioder utover året for begge lag (tabell 3.2 og figur 3.2). Innsamling av treningsbelastning påvirket ikke treningsinnhold, kampforberedelser eller kamper for trenerne eller spillerne til ungdomslagene. Bruk av intern treningsbelastning var allerede kjent for spillerne i forkant av studien. Bruk av GPS-enhet var nytt for spillerne, men en tilvenningsperiode ble vurdert som unødvendig. Enhetenes bruk ble vurdert som simpel basert på enhetenes størrelse og rigide plassering på ryggen mellom skulderbladene. Bruk av enhetene anses heller ikke som en begrensning på prestasjon (Theodoropoulos et al., 2020).

GPS-enhetene ble brukt i alle treninger og kamper i periodene. GPS-enhetene ble slått på i forkant av oppvarming til treningsøkt og kamp. Starttidspunkt og sluttid ble notert for alle treningsøkter og kamper. Datafilene til GPS-enhetene ble lastet opp lokalt på pc i etterkant av hver økt.

**Tabell 3.2:** Oversikt over antall treningsøkter og kamper i respektive innsamlingsperioder for U14 og U16 hvor ekstern belastning var målt. Internkamper er også medregnet i oversikten.

| Lag | Periode       | Dato              | Treningsøkter | Kamper | Totalt |
|-----|---------------|-------------------|---------------|--------|--------|
| U14 | 1             | 20. jul – 01. aug | 9             | 1      | 10     |
|     | 2             | 21. sep – 30 sep  | 7             | 1      | 8      |
|     | 3             | 23.nov – 06.des   | 10            | 0      | 10     |
|     | <b>Totalt</b> |                   | 26            | 2      | 28     |
| U16 | 1             | 15.jun – 26.jun   | 4             | 2      | 6      |

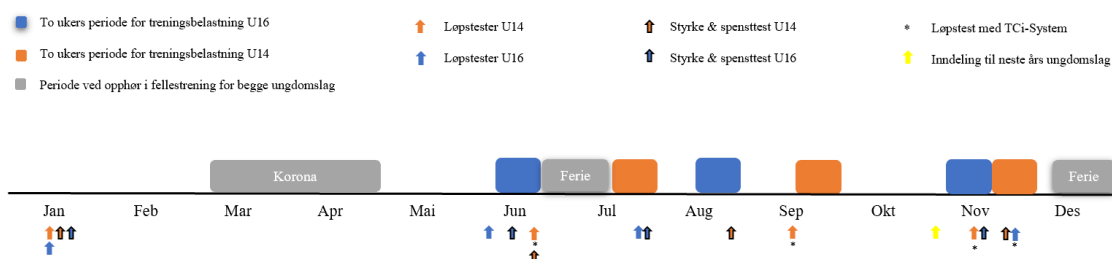
|               |                   |           |          |           |
|---------------|-------------------|-----------|----------|-----------|
| 2             | 11. aug – 22. aug | 9         | 2        | 11        |
| 3             | 12.nov – 22.nov   | 5         | 1        | 6         |
| <b>Totalt</b> |                   | <b>18</b> | <b>5</b> | <b>23</b> |

### 3.4 Fysiske tester

Hvert ungdomslag utførte fire fysiske testtidspunkt bestående av fem ulike tester; hurtighet, spenst, agility, muskelstyrke og utholdenhet. Hurtighet, agility og utholdenhet (løpstester) ble testet på samme dag, mens spenst og styrke ble testet på en separat dag. De to testdagene innenfor samme testperiode ble forsøkt utført i nær tidsrelasjon. Skadede spillere ved testtidspunktene gjennomførte ikke testene.

#### 3.4.1 Testtidspunkt

Løpstestene ved test 1 ble utført innendørs i Vallhall Arena for begge ungdomslag. De resterende løpstestene ble utført utendørs på kunstgresset på Valle treningsanlegg, Intility Arena eller Norges idrettshøgskole. Ved test 2 gjennomførte U14-spillerne hurtighet, agility, spenst og styrke på samme dag, mens utholdenhetstesten ble gjennomført på separat dag i ettertid. Utilgjengelige spillere ved testtidspunkt ble testet i oppsamlingsdager i ettertid.



**Figur 3.2:** Tidslinje for ungdomslagene fra oppstart i januar til avslutning i desember 2020. U14 er vist som oransje farge og U16 som blå farge. Blokkene på oversiden av tidslinje indikerer innsamlingsperiode av treningsbelastning i tillegg til perioder ved opphør av treninger. Pilene på undersiden av tidslinje indikerer testdag av majoriteten av spillerne fra ungdomslagene. Gul pil markerer startperiode for sammenslåing av neste års ungdomslag.

### 3.4.2 Testprosedyre

I forkant av løpstestene ble det foretatt høyde og vekt måling, etterfulgt av 15 minutter generell oppvarming. Løpstestene ble utført i rekkefølgen; hurtighet, agility, utholdenhet. I forkant av spenst og styrketest, gjennomførte spillerne fem minutter oppvarming på trenings sykkel. Spensttest ble utført før styrketesten.

### 3.4.3 Hurtighet

Hurtighet ble testet gjennom 30 meter lineær sprint, hvor det ble registrert tidsmåling ved 10 m og 30 m ved bruk av sensorsystemet Fitlight trainer (Fitlight, Ontario, Canada). Hurtighet ble testet i dette prosjektet ettersom hurtighet tidligere har vært en valid indikator på fysisk prestasjon i fotball. Eksempelvis har 10 m tid og 30 m tid vist korrelasjon med både høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse for ungdomsspillere (Castillo et al., 2020).

Utfordringer omkring tilgjengelighet av Fitlight systemet førte til bruk av TCi-system (Brower Timing System, Utah, USA) på enkelte testdager (figur 3.2). Derfor ble reliabiliteten til begge testsystem undersøkt ved test 4 for U16-spillerne. Begge system viste god reliabilitet for 10 m (Brower: Intraclass Correlation Coefficient (ICC) 0,81, Fitlight: ICC 0,83), 30 m (Brower: ICC 0,9, Fitlight: ICC 0,97) og agility test (Brower: ICC 0,97, Fitlight: ICC 0,90). Fitlight systemet viste trend til raskere tidsmåling enn Brower systemet på alle testene, men det var ingen signifikant forskjell mellom testsystemene. Med Fitlight systemet ble det benyttet to løpebaner samtidig, mens TCi-systemet benyttet én løpebane.

Startposisjon for hurtighetstesten var stående og fremoverlent overkropp med fremste fot på startsted (20 cm bak første sensor). Ved start var kun bevegelse mot løpsretning tillatt. Spillerne startet på eget initiativ og utførte to forsøk hver. Hver spiller utførte sitt første forsøk før neste spiller gjennomførte sitt andre. Pausetid mellom forsøkene var på omkring 5 min uavhengig av testsystem. Ved underkjent forsøk ble nytt forsøk foretatt i etterkant av alle de andre spillere. Bestetid (sek) for 10 m tid og 30 m tid ble brukt som hurtighetsmål i dette prosjektet.

#### **3.4.4 Spenst**

Spenst ble testet gjennom svikthopp og ble utført på tre forskjellige kraftplattformer av typen FP4 (Hur labs, Tempere, Finland) i styrkerommet på Norges idrettshøgskole. Utfordringer omkring tilgjengelighet av samme kraftplattform førte til bruk av flere kraftplattformer. Spensttest ble valgt med bakgrunn i fotballkampens krav om god power produksjon fra det neuromuskulære system til utførelse av eksplosive bevegelser som sprint, hopp og retningsforandringer (Requena et al., 2009). Svikthopp har tidligere vist å være et valid mål på eksplosivitet (Liebermann & Katz, 2003) og testen har ofte blitt benyttet ved undersøkelse av power produksjon i tidligere fotballstudier (Stølen et al., 2005). I tillegg har svikthoppshøyde på kraftplattform både vist god reliabilitet på ulike dager (Coefficient of Variation (CV): 5,0 %) og på samme dag (CV: 5,2 %) (Cormack et al., 2008).

Spillerne utførte tre godkjente hopp, men ved tydelig forbedring (>1 cm) ble nye forsøk utført til stabilisering av hoppshøyde var oppnådd. Spillerne hoppet etter klarsignal fra testpersonell som fulgte nedtelling i programvaren Hur labs Force Platform Software Suite, 2.65.5.6 (Hur labs, Tempere, Finland). Hoppene ble utført med hender fiksert til hoften og strake bein under svevefasen. Spillerne ble instruert til å lande med føttene samtidig og forbli stillestående i etterkant. Forsøkene hvor prosedyren ikke ble fulgt ble vurdert som underkjent og nye forsøk ble utført til nevnte kriterium var nådd. Pausetid mellom hoppene var < 1 min. Beste hoppshøyde (cm) kalkulert fra utgangshastighet i programvaren ble brukt som mål på spenst i dette prosjektet.

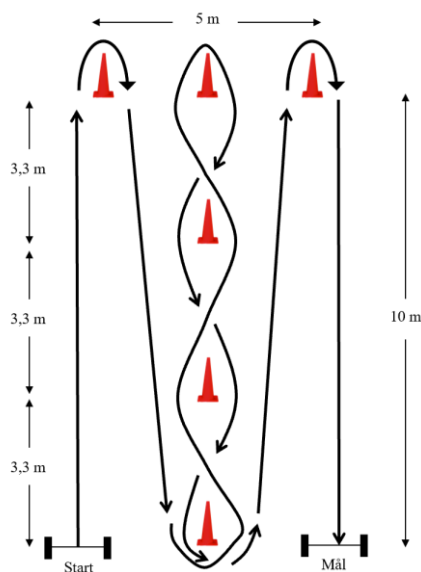
#### **3.4.5 Agility**

Agility ble testet ved bruk av Illinois-test (figur 3.3). I denne sammenheng var agility studert som retningsforandringer under kontrollerte forhold uten respons på ytre stimuli. Agility ble testet i dette prosjektet ettersom det kan spille en sentral rolle for prestasjon i fotball da det gjennomføres omkring 1200-1400 retningsforandringer i løpet av en kamp (Bangsbo, 1992). Illinois-test har også tidligere vist god intra-reliabilitet mellom løp (CV: 2,21 % og ICC: 0,80) (Stewart et al., 2014).

Løpene ble utført med samme sensorsystem for tidtaking (Fitlight eller TCi-system) og startprosedyre som for hurtighetstest. Hver spiller utførte to forsøk hver. Ved underkjent løp, utførte spilleren et nytt forsøk i etterkant av alle spillerne. Avhengig av system ble



1-2 agility baner brukt, hvor spillerne hadde en pausetid på omkring 5 min mellom hvert forsøk. Bestetid (sek) av forsøkene ble brukt som mål på agility i dette prosjektet.



**Figur 3.3:** Illinois agility-test utført i dette prosjektet, vist gjennom løpsretning og avstander på figuren. Spillerne startet 20 cm bak startlinje.

### 3.4.6 Muskelstyrke

Muskelstyrke og power ble testet i Keiser Pneumatic Leg Press A420 (Keiser Corporation, Fresno, CA, USA) i styrkerommet på Norges idrettshøgskole. Både muskelstyrke og power ble testet ettersom egenskapene har vist seg sentrale for eksplosiv ferdighetsutøvelse i fotball (Cometti et al., 2001). Testing av relativ styrke er også gunstig ettersom kroppsmasse er en viktig komponent for akselerasjon og deselerasjon i fotball (Stølen et al., 2005). Derfor kan testing av relativ styrke være viktig ved undersøkelse av ungdomsspillere, hvor det kan variere mye i vekst av kroppsstørrelse og kroppsmasse på samme alder. Keiser Pneumatic Leg Press A420 har tidligere vist god inter-reliabilitet for maksimal kraft (ICC: 0,914), maksimal power (ICC: 0,886) og gjennomsnittlig power (ICC: 0,866) i 10 rep maksimal power protokoll (Redden et al., 2018).

Spillerne utførte tre oppvarmingsrepetisjoner med 60 W i belastning i forkant av testen. I starten av testen ble de første repetisjonene utført ved 70, 90 og 100 % av maksimal

hastighet utfra oppvarmingsinnstillingen til testen. Alle resterende repetisjoner ble utført med maksimal hastighet.

Testen ble utført med Olympiatoppens keiserprotokoll (OLT 200 og OLT 220). Belastningen økte proporsjonalt med repetisjoner slik at forutbestemt settpunkt ble nådd ved repetisjon nr. 10. Forsøk utover repetisjon 10 ble utført med tilsvarende økning i belastning til spilleren ikke var i stand til å utføre repetisjonen. U14-spillerne utførte OLT 200 (200 W belastning på repetisjon nr. 10), mens U16-spillerne utførte OLT 220 (220 W belastning på repetisjon nr. 10). Apparatet ble innstilt av testpersonell slik at femur var tilnærmet i vertikal utgangsposisjon. Testen ble gjennomført bilateralt, med unilateral forflytningsevne. Nedtelling av pausetid forekom automatisk i apparatet tilpasset til belastningsøkningen. Forsøk utført før ferdigkalibrert belastningsøkning ble vurdert som underkjent hvor nytt testforsøk ble utført i etterkant (>5 min). Hver spiller fikk ett forsøk utført til utmattelse.

Høyeste verdi fra ett bein ble brukt i analysene av styrkeresultatene i dette prosjektet. Estimert relativ maksimal power (W/kg), estimert relativ maksimal kraft (N/kg), estimert absolutt maksimal power (W) og estimert absolutt maksimal kraft (N) ble brukt som mål på muskelstyrke i dette prosjektet. Alle styrkeparameterne ble utregnet ved bruk av gjennomsnittlig målingsverdier fra testen.

### **3.4.7 Utholdenhet**

Spillerne utførte IR1-test til mål av utholdenhet. IR1-test ble valgt ettersom den har vært foreslått som en bedre valid indikator på fotballspesifikk aerob fysisk form enn estimert  $VO_{2maks}$  (Svensson & Drust, 2005). IR1-testen har også vist valid indikasjon på fysisk prestasjon i fotballkamp ettersom den i tidligere studier har vist korrelasjon med høyhastighetsløpsdistanse og totaldistanse fra fotballkamp (Castagna et al., 2009; Krstrup et al., 2003). Testen har også vist god test-retest reliabilitet (CV: 4,9 %) (Krstrup et al., 2003).

Ved startsignal på IR1-testen løper spillerne 20 m, utfører en vending ved endelinje og løper 20 m tilbake til startposisjon. Mellom hvert løpsnivå er det en hvileperiode på 10 sekunder, utført gående rundt en kjele 5 m unna startposisjon. Vanskeligheten på hvert løpsnivå i testen øker ved at tidskravet for fullføring av nivået blir mindre. Spillerne

fikk advarsel ved første feil og testen ble avsluttet ved andre feil. Kriterium for feilregistrering var tidlig start, berørte ikke endelinje og fullførte ikke nivå innen lydssignal. Lydsporet for testen ble spilt over høyttaler. Spillerne ble overvåket av flere testpersonell under testene. Siste fullførte nivå ble registrert som resultat. Total løpsdistanse (m) i IR1-test, ble brukt som mål på utholdenhet i dette prosjektet.

### **3.5 Intern treningsbelastning**

Intern treningsbelastning ble målt ved bruk av en RPE-skala. RPE ble multiplisert med individuell treningsvarighet for hver spiller for kalkulering av sRPE. sRPE ble valgt ettersom metoden tidligere har vist å være et valid mål på intern belastning i ballidrett (Foster et al., 2001) gjennom påviste sammenhenger med totaldistanse ( $r=0,80$ ,  $p<0,01$ ), høyhastighetsløpsdistanse ( $r=0,43$ ,  $p<0,01$ ;  $r=0,11$ ,  $p<0,001$ ), antall akselerasjoner ( $r=0,37$ ,  $p<0,001$ ) og PlayerLoad ( $r=0,84$ ,  $p<0,01$ ) (B. Scott et al., 2013; Gaudino et al., 2015). Metoden har riktignok vist svak reliabilitet (CV: 31.9%, ICC: 0.66) ved Yo-Yo<sub>submaks</sub> protokoller (T. Scott et al., 2013), samt mellom fotballøker etter justering for parametere på ekstern belastning (CV: 21-54 %) (Wiig et al., 2020).

RPE-skalaen i dette prosjektet var progressiv fra laveste belastning (1) til utmattelse (10) og var modifisert fra studien til Foster et al. (2001) (vedlegg I). Spillerne ble spurt individuelt rett i etterkant av økt om opplevd anstrengelse (RPE) av øktens helhet. Anstrengelse ble beskrevet til spillerne som opplevd mentaltrøtthet, pustefrekvens og fysisk utmattelse. Innledningsvis ble spillerne presentert skalaen visuelt i forkant av besvarelsen av belastning. Over tid oppgav spillerne besvarelsen uten bruk av visuell skala. Total ukentlig sRPE (au) ble brukt som mål på intern treningsbelastning i dette prosjektet.

### **3.6 Ekstern treningsbelastning**

Ekstern treningsbelastning ble studert ved bruk av GPS-enhetene OptimEye S5 (10 Hz) (Catapult Sports, Melbourne, Australia). GPS-enhetene var utstyrt med Inertial Measurement Unit (IMU) bestående av akselerometer (100 Hz), gyroskop (2000 °/s) og magnetometer (100 Hz). 16 GPS-enheter ble brukt i treninger og kamper innenfor tre to-ukers perioder (figur 3.2). GPS-enhetene var plassert i overtrekkvester fra leverandøren i en rigid lomme på øvre del av rygg mellom skulderbladene. Hovedtrenerne selekterte 16 spillere fordelt i posisjoner og alderskull på begge ungdomslag. Hver spiller ble

tildelt individuelle enheter for å redusere påvirkning av inter-reliabilitet mellom enhetene (Malone et al., 2017). Ved spillerfravær, ble enhetene tildelt andre spillere med mulighet for å oppnå høyere deltakelsesprosent for inklusjon.

Få studier har undersøkt validitet og reliabilitet til Catapult OptimEye tidligere. Studien til Roe et al. (2017) så derimot moderat-god validitet for 10 Hz Catapult OptimEye enheter gjennom måling av maksimal sprinthastighet (Typical Error of Estimate (TEE): 1,87-1,95 %). Derimot har en rekke studier undersøkt validitet og reliabilitet til forgjengeren av systemet (MinimaxX), hvor det har blitt sett god validitet for totaldistanse (CV: 1,9 %) og høyhastighetsløp (>4,17 m/s) (CV: 4,7 %), men svakere validitet for raskere høyhastighetsløp (>5,56 m/s) (CV: 10,5 %) (Rampinini et al., 2015). Studie av 10 Hz Catapult MinimaxX har også vist god inter-reliabilitet for totaldistanse (% Typical Error of Measurement (TEM) =1,3 %), men svakere inter-reliabilitet for høyhastighetsløp (14-19,9 km/t) (% TEM=4,8 %) og raskere høyhastighetsløp (>20 km/t) (% TEM=11,5 %) (Johnston et al., 2014). I tillegg har det blitt vist god inter- (Standard Error of Measurement (SEM) =5,1-10,9 %) og intra-reliabilitet (CV: 0,7-1,3 %) til distansemåling av 15-30 m sprint (Castellano et al., 2011).

### **3.6.1 Distanseparametere**

Det eksisterer en rekke forslag til hastighetssoner for ungdomsspillere i litteraturen (Vieira et al., 2019). I dette prosjektet ble det både benyttet absolutte hastighetssoner og relative hastighetssoner. Absolutte hastighetssoner var ønskelig for sammenlignbarhet mellom aldersgruppene, mens relative hastighetssoner var valgt for bedre tilpasning av begge aldersgruppers maksimale kapasitet. I tillegg var også total løpsdistanse benyttet som distanseparameter i dette prosjektet. Måling av høyhastighetsaktivitet i dette prosjektet var ønskelig ettersom det tidligere har blitt foreslått som et valid mål av fysisk prestasjon i fotball, gjennom en påvist større andel høyhastighetsløpsdistanse ved høyere spillernivå ( $p < 0,05$ ) (Mohr et al., 2003).

Inndeling av absolutte hastighetssonene i dette prosjektet var inspirert fra en tidligere studie på ungdomsspillere (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010).

Hastighetssonene ble riktignok modifisert til høyere terskelfart enn studien for å oppnå en bedre representativ hastighetsinndeling for spillerne i prosjektet. Absolutt

høyhastighetsløpsone var satt til >4,44 m/s, mens absolutt sprintsone var satt til >5,83 m/s.

De relative høyhastighetssonene var inspirert fra en tidligere studie på ungdomsspillere (Gabbett, 2015). Sonene ble riktignok oppjustert for spillerne i dette prosjektet for oppnåelse av en bedre representativ hastighetsinndeling. Hastighetssonene tok utgangspunkt i gjennomsnittlig hastighet mellom 10-30 m ved hurtighetstest 1. Relativ høyhastighetssonen var satt til >75 % av gjennomsnittshastighet (U14: >5,38 m/s, U16: >6,0 m/s), mens relativ sprintsone var satt til >90 % av gjennomsnittshastighet (U14: >6,46 m/s, U16: >7,19 m/s). Liknende relativ hastighetssoneinndeling har også tidligere blitt brukt for kvinnelige fotballspillere (Nakamura et al., 2017).

### 3.6.2 Akselerasjonsbaserte parametere

PlayerLoad er summen av akselerasjonsendring i tre akser (x, y, z) (Boyd et al., 2011). PlayerLoad kalkuleres fra et akselerometer og brukes som et eksternt belastningsmål i lagidrett (Luteberget & Spencer, 2017). I dette prosjektet ble parameteren studert både som intensitetsmål (PlayerLoad/min) og belastningsmål (PlayerLoad). Se nedenfor for utregning av PlayerLoad:

$$PlayerLoad = \sqrt{\frac{(a_{x1} - a_{x2})^2 + (a_{y1} - a_{y2})^2 + (a_{z1} - a_{z2})^2}{100}}$$

$a_x$  = akselerasjon i medio-lateral retning

$a_y$  = akselerasjon i anterior-posterior retning

$a_z$  = akselerasjon i superior-inferior retning

I tillegg ble parameteren høyintensive aksjoner (HIA) undersøkt i dette prosjektet. HIA er summasjonen av antall medium (2,5-3,5 m/s<sup>2</sup>) og høyintensive akselerasjoner (>3,5 m/s<sup>2</sup>), deselerasjoner og retningsforandringer (Change of Direction (CoD) til høyre og venstre) (Luteberget & Spencer, 2017). Parameteren har tidligere vært studert hos internasjonale håndballspillere, hvor den var et posisjonsspesifikt belastningsmål (Luteberget & Spencer, 2017).

I tillegg til PlayerLoad og HIA ble også antall akselerasjoner ( $>2,5 \text{ m/s}^2$ ) og deselerasjoner ( $>2,5 \text{ m/s}^2$ ) undersøkt som akselerasjonsbaserte belastningsmål i dette prosjektet. Bruk av akselerasjonsbaserte belastningsmål ble benyttet ettersom distanseparametere alene kan underestimere høyintensivt arbeidskrav i fotball ettersom det ikke tar høyde for energikrav til bevegelser som akselerasjon og deselerasjon (Gaudino et al., 2013).

Reliabiliteten av akselerasjonsbasert belastning har også blitt undersøkt i tidligere studier. Eksempelvis har det blitt sett god inter-reliabilitet for Catapult OptimEye akselerometer på PlayerLoad (CV: 0,9 %) og PlayerLoad·min<sup>-1</sup> (CV: 0,9 %) (Luteberget et al., 2018). En annen studie så også god inter-reliabilitet for Catapult MinimaxX akselerometer på PlayerLoad (CV: 1,9 %) (Boyd et al., 2011), mens moderat inter-reliabilitet har blitt sett for 10 Hz GPSports SPI HPU for moderat-høye akselerasjoner og deselerasjoner (CV: 4,8-5,3 %) (Delaney et al., 2018). I tillegg så Barrett et al. (2014) god test-retest reliabilitet for 10 Hz Catapult MinimaxX for PlayerLoad (CV: 5,9 %, ICC: 0,93).

### **3.7 Databehandling**

Fysisk tester hvor spillere ikke presterte maksimalt som følge av småskade ble fjernet fra analyse (IR1-prestasjon: n=4). Agility test 1 ble fjernet fra analyse for begge ungdomslag ettersom spillerne kun utførte et forsøk hver av testen, samt at testen ble utført med feil banestørrelse. Agility test 3 ble også fjernet fra analyse ettersom U14-laget utførte feil testoppsett. Styrketest 1 for U14-laget ble gjennomført med bilateral fremfor unilateralforflytningsevne, men ble fremdeles vurdert gyldig og inkludert i prosjektet. Repetisjonene hvor spillerne ikke var i stand til utførelse av bilateralforflytning i styrketest ble fjernet fra analyse.

Rådatafilene fra styrketestene ble opplastet i Olympiatoppens keiserdatabase til analyse og databehandling. I dataprogrammet ble styrketestene vurdert gjennom grafisk fremstilling av kraft-hastighetskurve og power-kraft kurve. Tydelige verdier utenfor regresjonstrenden ble vurdert som ikke-maksimal utførelse og fjernet fra kalkulering av styrkevariablene. Styrketester hvor småskadede spillere (n=2) oppnådde en tydelig maksimal power-kurve ble inkludert i analyse, mens de maksimale styrkeverdiene ble ekskludert som følge av at testene ikke ble utført til utmattelse. Styrketester hvor det var

store avvik i kraft-hastighetskurven og/eller power-kraft kurven (n=11) ble vurdert som underkjent og fjernet fra analyse.

Endring i fysisk form ble behandlet som prosentvis endring sammenlignet med test 2, hvor spillere uten testverdi ved test 2 ble fjernet fra analyse. Endring i fysisk form ble studert fra test 2 fremfor test 1 ettersom begge ungdomslag undergikk en restriksjonsperiode tilknyttet koronavirusutbruddet, hvor det var opphør i treningsaktivitet i forkant av test 2 (figur 3.2). Agility ble fjernet fra analysen om endring i fysisk form for begge ungdomslag ettersom U14-laget manglet gyldig testresultat ved test 3. Agility-resultatene ble inkludert i korrelasjonsanalysene for begge ungdomslag ettersom analysene ikke tok utgangspunkt i test 3. Hurtighetstestene tok utgangspunkt i test 3 fremfor test 4 i korrelasjonsanalysene ettersom løpstestene viste trend til negativ utvikling gjennom kuldepåvirkning.

Alle GPS-datafilene ble behandlet i leverandørens programvare (Catapult Sprint 5.1.7 (Catapult Sports, Melbourne, Australia). I programvaren ble datafilene tilpasset til aktiv treningstid utfra notert starttidspunkt og sluttidspunkt av treningsvarighet. Ved manglende notasjon av treningsøkt ble treningsvarighet estimert gjennom grafiskanalyse av PlayerLoad i leverandørens programvare. Individuelle justeringer av treningsvarighet ble gjort for spillere som ikke deltok på full trening eller kamp som følge av skader eller belastningsstyring. Justeringen ble gjort ved hjelp av benk-funksjonen i programvaren slik at datafilene ble behandlet som inaktivt utenfor aktiv treningstid. På kampdager tok treningsbelastning kun utgangspunkt i belastning av aktiv spilletid i kampen. Avgjørelsen ble gjort med tanke på forskjellig treningsbelastning i oppvarmingen for innbytterne og starterne underveis- og i forkant av kampen.

Treningsbelastning ble behandlet som gjennomsnittet av første og andre uke i de ulike treningsperiodene. Hver treningsuke utgjorde summasjonen av alle treningsøktene og kampene innenfor uken. Total treningsbelastning i dette prosjektet utgjorde individuelt gjennomsnitt av alle tre treningsperioder for begge ungdomslag. Inklusjonskriterium for treningsbelastning var maksimalt ett treningsfravær i løpet av uken. Spillere som ikke deltok på trening, fikk verdien 0 i treningsbelastning. Spillere som kun innfridde inklusjonskriterium for den ene ukene innenfor treningsperioden, ble fremdeles

inkludert i analysen av treningsperioden. Intern treningsbelastning var kun undersøkt for spillere med ekstern belastningsmåling av økt.

### **3.8 Etikk**

I forkant av prosjektet signerte spillernes foreldre signerte en samtykkeerklæring utgitt av Norges idrettshøgskole ettersom spillerne var yngre enn 18 år (se vedlegg II).

Prosjektet var i tråd med anbefalingene fra Helsinki deklarasjonen og ble godkjent av Norges idrettshøgskoles etiske komite (se vedlegg III). Prosjektet var også godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata angående behandling av personvernopplysninger (se vedlegg IV). Spillerne og foresatte var informert om potensiell risiko ved å delta i prosjektet og var informert om en mulighet til å trekke seg fra prosjektet til enhver tid. Ønske om frafall fra prosjekt skulle ikke føre til konsekvenser eller krav på forklaring fra spillerne. Innsamlet data ble behandlet anonymt og avlevert til Norges idrettshøgskole for etterprøvbarehet og kontroll frem til 01.06.2026.

### **3.9 Statistiske analyser**

Alle statistiske analyser ble utført i IBM SPSS Statistics (24.0.0.2). Normalfordelingen til alle resultater ble undersøkt gjennom visuell inspeksjon av histogram.

Signifikansnivået til alle resultater var satt til  $p < 0,05$ . Forskjeller mellom ungdomslagene ble undersøkt ved bruk av uavhengig t-test ved normalfordeling og Mann Whitney U-test ved skjevfordelt data. Forskjeller innad i ungdomslag ble undersøkt ved avhengig t-test for normalfordelt data og Wilcoxon rank test ved skjevfordelte variabler. Korrelasjonsanalysene ble gjennomført ved bruk av Pearsons r-verdi ved normalfordeling og Spearmans rho ved skjevfordelte verdier.

Korrelasjonsverdier fra 0,50-0,80 ble vurdert som god og verdier over 0,80 som sterk. Reliabilitetstest mellom tidtakningssystemene ble utført ved bruk av ICC. Følgende vurdering ble gjort av ICC verdiene i dette prosjektet; 0,5-0,75 (moderat), 0,75-0,90 (god) og over 0,9 (sterk). Alle øvrige resultater er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.



## 4. Resultater

### 4.1 *Fysiske tester*

U16-spillerne var eldre, høyere, tyngre og presterte bedre enn U14-spillerne på alle testparameterne ved alle testtidspunkt med unntak av kraft/kg ved test 2 ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.1). Gjennomsnittlig antall deltakere for alle testtidspunkt var for U14-laget  $22 \pm 2$  og for U16-laget  $21 \pm 3$ .

**Tabell 4.1:** Alder, antropometri og fysiske tester ved test 1-4 for begge ungdomslag. Antall deltakere (n) ved de ulike testtidspunktene er vist i parentes. Agility-test 1 og 3 for U14, og agility-test 1 for U16 er fjernet fra tabellen som følge av feil banestørrelse. Verdier er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.

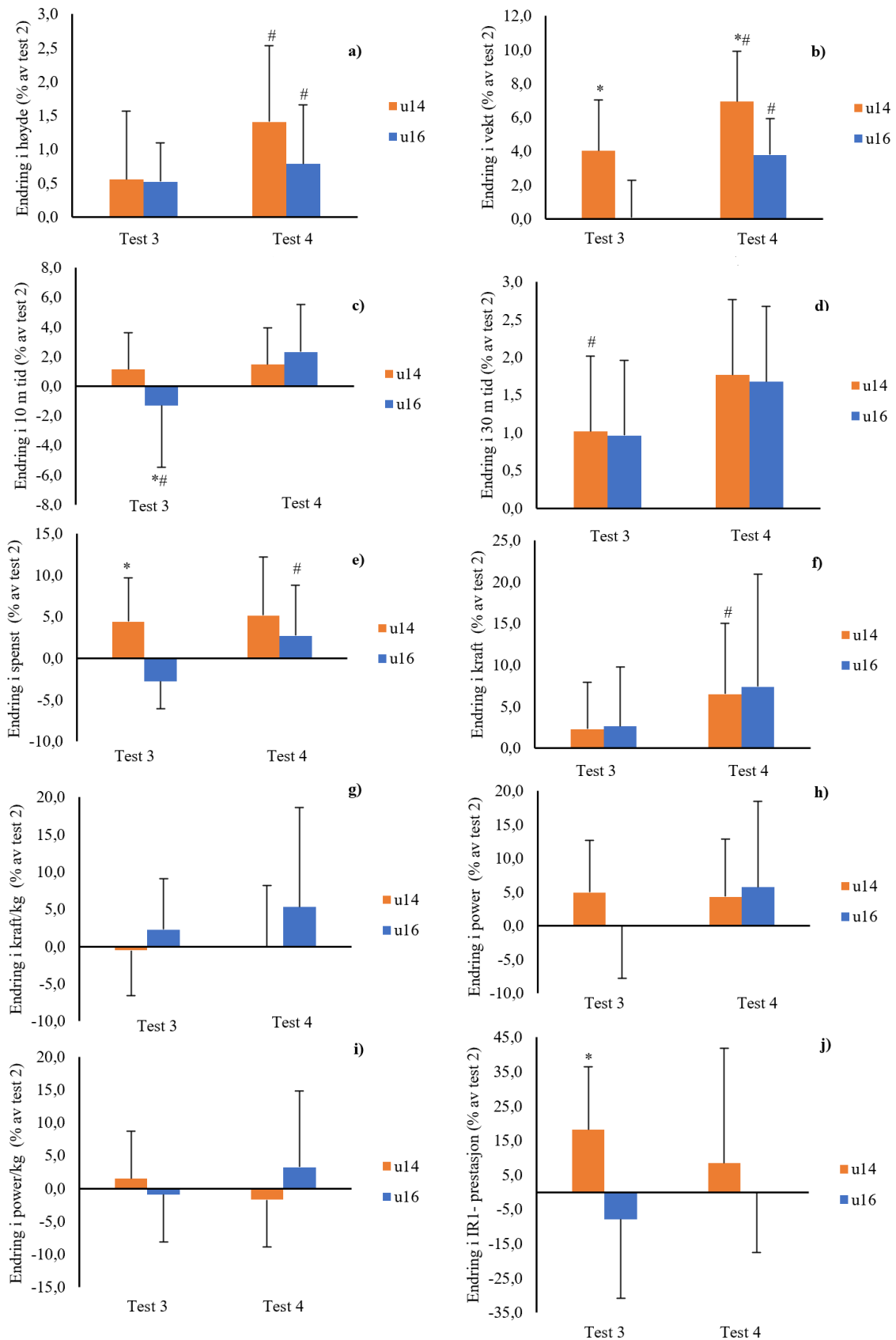
|                        | Test 1                | Test 2                 | Test 3                | Test 4                 |
|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Alder (år)</b>      |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 12,6 $\pm$ 0,6 (23)   | 13,1 $\pm$ 0,7 (25)    | 13,3 $\pm$ 0,6 (24)   | 13,5 $\pm$ 0,5 (24)    |
| U16                    | 14,7 $\pm$ 0,6* (25)  | 15,1 $\pm$ 0,7* (21)   | 15,3 $\pm$ 0,6* (21)  | 15,3 $\pm$ 0,6* (21)   |
| <b>Høyde (cm)</b>      |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 161,9 $\pm$ 8,2 (22)  | 162,5 $\pm$ 7,4 (20)   | 165,3 $\pm$ 8,4 (23)  | 166,8 $\pm$ 7,3 (22)   |
| U16                    | 174,5 $\pm$ 7,1* (25) | 173,3 $\pm$ 6,0* (21)  | 175,5 $\pm$ 6,6* (21) | 176,2 $\pm$ 7,0* (17)  |
| <b>Vekt (kg)</b>       |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 46,5 $\pm$ 9,0 (22)   | 47,4 $\pm$ 6,3 (20)    | 51,7 $\pm$ 9,1 (23)   | 54,5 $\pm$ 10,8 (22)   |
| U16                    | 59,6 $\pm$ 7,2* (25)  | 61,4 $\pm$ 6,9* (21)   | 62,8 $\pm$ 7,4* (21)  | 64,9 $\pm$ 7,5* (17)   |
| <b>10 m (sek)</b>      |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 1,95 $\pm$ 0,09 (22)  | 1,98 $\pm$ 0,07 (25)   | 2,02 $\pm$ 0,08 (19)  | 2,01 $\pm$ 0,10 (21)   |
| U16                    | 1,81 $\pm$ 0,08* (25) | 1,84 $\pm$ 0,09* (21)  | 1,81 $\pm$ 0,07* (19) | 1,85 $\pm$ 0,06* (17)  |
| <b>30 m (sek)</b>      |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 4,74 $\pm$ 0,22 (22)  | 4,69 $\pm$ 0,19 (25)   | 4,76 $\pm$ 0,25 (19)  | 4,74 $\pm$ 0,26 (21)   |
| U16                    | 4,31 $\pm$ 0,19* (25) | 4,31 $\pm$ 0,18* (21)  | 4,33 $\pm$ 0,16* (20) | 4,34 $\pm$ 0,14* (17)  |
| <b>Spent (cm)</b>      |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 28,7 $\pm$ 3,9 (22)   | 31,4 $\pm$ 4,5 (25)    | 32,5 $\pm$ 4,8 (21)   | 33,8 $\pm$ 4,6 (23)    |
| U16                    | 37,2 $\pm$ 5,3* (24)  | 39,6 $\pm$ 5,4* (19)   | 38,7 $\pm$ 4,8* (20)  | 41,5 $\pm$ 6,9* (21)   |
| <b>Agility (sek)</b>   |                       |                        |                       |                        |
| U14                    |                       | 16,39 $\pm$ 0,57 (24)  |                       | 16,31 $\pm$ 0,52 (21)  |
| U16                    |                       | 15,88 $\pm$ 0,38* (19) | 15,47 $\pm$ 0,38 (17) | 15,67 $\pm$ 0,45* (15) |
| <b>Kraft (N)</b>       |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 605 $\pm$ 148 (16)    | 660 $\pm$ 138 (23)     | 675 $\pm$ 156 (22)    | 693 $\pm$ 155 (21)     |
| U16                    | 833 $\pm$ 123* (24)   | 845 $\pm$ 107* (18)    | 891 $\pm$ 124* (17)   | 911 $\pm$ 160* (20)    |
| <b>Kraft/kg (N/kg)</b> |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 23,8 $\pm$ 3,1 (16)   | 25,9 $\pm$ 2,2 (23)    | 25,4 $\pm$ 2,2 (22)   | 25,4 $\pm$ 3,0 (21)    |
| U16                    | 26,4 $\pm$ 2,9* (24)  | 27,0 $\pm$ 2,0 (18)    | 28,1 $\pm$ 2,9* (17)  | 28,3 $\pm$ 3,6* (20)   |
| <b>Power (W)</b>       |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 329 $\pm$ 97 (16)     | 371 $\pm$ 98 (23)      | 394 $\pm$ 121 (22)    | 385 $\pm$ 87 (21)      |
| U16                    | 526 $\pm$ 83* (24)    | 546 $\pm$ 88* (18)     | 564 $\pm$ 83* (18)    | 582 $\pm$ 124* (21)    |
| <b>Power/kg (W/kg)</b> |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 12,8 $\pm$ 2,0 (16)   | 14,5 $\pm$ 1,8 (23)    | 14,7 $\pm$ 2,0 (22)   | 14,2 $\pm$ 1,6 (21)    |
| U16                    | 16,7 $\pm$ 1,7* (24)  | 17,4 $\pm$ 1,9* (18)   | 17,5 $\pm$ 1,8* (18)  | 17,8 $\pm$ 2,6* (21)   |
| <b>IR1 (m)</b>         |                       |                        |                       |                        |
| U14                    | 1366 $\pm$ 417 (19)   | 1396 $\pm$ 483 (21)    | 1573 $\pm$ 306 (19)   | 1501 $\pm$ 400 (19)    |
| U16                    | 1970 $\pm$ 323* (23)  | 2153 $\pm$ 362* (17)   | 1851 $\pm$ 409* (19)  | 2095 $\pm$ 370* (16)   |

\* Signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ) fra U14.

## **4.2 Endring i fysisk form**

U14-spillerne viste større endring enn U16-spillerne fra test 2 til test 3 for vekt (4,0 %,  $p=0,001$ , spenst (7,2 %,  $p=0,001$ ) og IR1-prestasjon (9,7 %,  $p=0,003$ ) (figur 4.1 b, e, j). Fra test 3 til test 4 viste U14-spillerne kun en større endring i vekt sammenlignet med U16-spillerne (3,1 %,  $p=0,002$ ). U16-spillerne hadde en større forbedring i 10 m tid fra test 2 til 3 enn U14-spillerne (2,4 %,  $p=0,046$ ) (figur 4.1 c).

Begge ungdomslag viste en endring fra test 3 til test 4 for høyde (U14: 0,9 %, U16: 0,3 %) og vekt (U14: 2,9 %, U16: 3,6 %) ( $p<0,05$ ) (figur 4.1 a-b). Hurtighetstestene viste trend til negativ utvikling ved begge testtidspunkt for begge ungdomslag (figur 4.1 c-d). U16-spillerne oppnådde 3,2 % nedgang av 10 m tid fra test 3 til test 4 ( $p=0,006$ ), mens U14-spillerne viste 1,3 % nedgang i 30 m tid fra test 3 til test 4 ( $p=0,048$ ) (figur 4.1 c-d). U16-spillerne viste en trend til negativ utvikling av spenstprestasjon fra test 2 til test 3, men hadde 5,3 % positiv endring i spenst fra test 3 til test 4 ( $p=0,006$ ) (figur 4.1 e). U14-spillerne viste 4,2 % endring i kraft fra test 3 til test 4 ( $p=0,043$ ) (figur 4.1 f). I tillegg viste U16-spillerne en trend til negativ utvikling av IR1-prestasjon fra test 2 til test 3, mens U14-spillerne viste trend til nedgang i IR1-prestasjon fra test 3 til test 4 (figur 4.1 j).



**Figur 4.1 a-j:** Endring i høyde (a), vekt (b), 10 m (c), 30 m (d), spenst (e), kraft (f), kraft/kg (g), power (h), power/kg (i) og IRI1 (j) for begge ungdomslag. Verdier uttrykt som prosentvis endring av test 2. \*Signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ) mellom U14-laget og U16-laget. #Signifikant forskjell med testtidspunkt for samme lag.

### **4.3 Korrelasjon mellom endring i fysisk form**

Endring i vekt var korrelert med endring av høyde for U14-spillerne og kraft for U16-spillerne ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.2). Hurtighetsvariablene viste få sammenhenger med andre variabler, men det var moderat sammenheng ( $r = 0,58$ ) mellom endring i 10 m tid og 30 m tid for U14-spillerne ( $p < 0,05$ ). U16-spillerne viste sammenheng mellom utvikling av kraft og raskere 10 m tid ( $p < 0,05$ ). Endring i spenstprestasjon var korrelert med endring i kraft for U14-spillerne ( $p < 0,05$ ). Begge styrkeparameterne viste sterke korrelasjoner ( $r = 0,85-0,97$ ) mellom fremgang i absolutt verdi og relativ verdi for begge lag ( $p < 0,05$ ). Videre var det sammenheng mellom power og kraft ved ett tilfelle, ved endring av relativ power og absolutt kraft for U16-spillerne ( $r = 0,51$ ) ( $p < 0,05$ ). I tillegg var utvikling av IR1-prestasjon moderat-sterkt negativt assosiert med endring i kraft og kraft/kg for U16-spillerne ( $r = -0,74; -0,88$ ) ( $p < 0,05$ ). Ingen sammenheng var observert mellom endring i agility og andre variabler for begge ungdomslag.

**Tabell 4.2:** Sammenheng mellom antropometri og fysiske testvariabler ved test 4 for begge ungdomslag. Testvariablene er uttrykt som prosentvis endring av test 2. Normalfordelt data er vist ved Pearsons r-verdi, mens skjevfordelt data (kursiv) er vist som Spearmans rho. Parentes indikerer antall deltakere (n) i de ulike korrelasjonsanalysene. Verdier for 10 m og 30 m er gjeldende fra test 3, som følge av kuldepåvirkning ved test 4.

|                 | Høyde             | Vekt               | 10 m               | 30 m              | Spenst            | Agility           | Kraft             | Kraft/kg          | Power             | Power/kg          |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Vekt</b>     |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <b>0,56*</b> (15) |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>0,40</i> (17)  |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>10 m</b>     |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>0,26</i> (14)  | <i>-0,11</i> (14)  |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>-0,22</i> (16) | <i>0,15</i> (16)   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>30 m</b>     |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>-0,20</i> (14) | <i>-0,25</i> (14)  | <b>0,58*</b> (18)  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>-0,08</i> (16) | <i>-0,003</i> (16) | <i>0,14</i> (16)   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Spenst</b>   |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>0,12</i> (13)  | <i>0,01</i> (13)   | <i>0,03</i> (15)   | <i>-0,13</i> (15) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>0,20</i> (13)  | <i>-0,07</i> (13)  | <i>-0,01</i> (15)  | <i>-0,26</i> (15) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Agility</b>  |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>0,005</i> (13) | <i>0,12</i> (13)   | <i>0,15</i> (14)   | <i>0,16</i> (14)  | <i>0,20</i> (17)  |                   |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>-0,16</i> (11) | <i>-0,1</i> (11)   | <i>-0,12</i> (11)  | <i>0,22</i> (11)  | <i>0,24</i> (11)  |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Kraft</b>    |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>-0,21</i> (13) | <i>0,08</i> (13)   | <i>0,35</i> (14)   | <i>-0,03</i> (14) | <b>0,50*</b> (18) | <i>0,36</i> (16)  |                   |                   |                   |                   |
| U16             | <i>0,06</i> (11)  | <b>0,66*</b> (11)  | <b>-0,59*</b> (13) | <i>-0,21</i> (13) | <i>-0,39</i> (15) | <i>-0,31</i> (10) |                   |                   |                   |                   |
| <b>Kraft/kg</b> |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>-0,35</i> (13) | <i>-0,11</i> (13)  | <i>0,37</i> (14)   | <i>-0,02</i> (14) | <i>0,41</i> (18)  | <i>0,38</i> (16)  | <b>0,85*</b> (18) |                   |                   |                   |
| U16             | <i>-0,26</i> (11) | <i>0,29</i> (11)   | <i>-0,54</i> (13)  | <i>-0,33</i> (13) | <i>-0,22</i> (15) | <i>-0,22</i> (10) | <b>0,87*</b> (15) |                   |                   |                   |
| <b>Power</b>    |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>0,32</i> (13)  | <i>0,01</i> (13)   | <i>0,02</i> (14)   | <i>-0,27</i> (14) | <i>0,22</i> (18)  | <i>-0,32</i> (16) | <i>-0,09</i> (18) | <i>-0,25</i> (18) |                   |                   |
| U16             | <i>0,5</i> (11)   | <i>0,24</i> (11)   | <i>-0,31</i> (13)  | <i>-0,28</i> (13) | <i>-0,35</i> (15) | <i>-0,35</i> (10) | <i>-0,51</i> (15) | <i>0,22</i> (15)  |                   |                   |
| <b>Power/kg</b> |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>0,10</i> (13)  | <i>-0,41</i> (13)  | <i>0,19</i> (14)   | <i>-0,33</i> (14) | <i>0,32</i> (18)  | <i>-0,17</i> (16) | <i>0,01</i> (18)  | <i>-0,04</i> (18) | <b>0,88*</b> (18) |                   |
| U16             | <i>0,24</i> (11)  | <i>0,13</i> (11)   | <i>-0,36</i> (13)  | <i>-0,33</i> (13) | <i>-0,17</i> (15) | <i>-0,41</i> (10) | <b>0,51*</b> (15) | <i>0,29</i> (15)  | <b>0,97*</b> (15) |                   |
| <b>IR1</b>      |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| U14             | <i>-0,18</i> (13) | <i>-0,12</i> (13)  | <i>-0,03</i> (13)  | <i>-0,15</i> (13) | <i>-0,34</i> (11) | <i>-0,29</i> (12) | <i>-0,19</i> (11) | <i>-0,05</i> (11) | <i>-0,12</i> (11) | <i>-0,23</i> (11) |
| U16             | <i>0,25</i> (9)   | <i>-0,58</i> (9)   | <i>0,11</i> (13)   | <i>-0,38</i> (13) | <i>0,17</i> (9)   | <i>0,28</i> (9)   | <b>-0,74*</b> (8) | <b>-0,88*</b> (8) | <i>-0,05</i> (8)  | <i>-0,29</i> (8)  |

\*p<0,05

#### 4.4 Treningsbelastning

Det var ingen forskjell i gjennomsnittlig ukentlig antall økter for U14-laget ( $4,7 \pm 0,3$ ) og U16-laget ( $3,8 \pm 0,6$ ). Gjennomsnittlig ukentlig varighet på øktene var lengre for U14-spillerne ( $462 \pm 54,1$  min) enn U16-spillerne ( $287 \pm 90,2$ ) ( $p < 0,05$ ).

Gjennomsnittlig treningsbelastning var større for U14-spillerne enn for U16-spillerne for samtlige parametere med unntak av sprintdistanse og relativ sprintdistanse (tabell 4.3) ( $p < 0,05$ ).

Sammenligning mellom treningsperiodene viste at U14-spillerne hadde større treningsbelastning enn U16-spillerne ved periode 1 og 3 for samtlige treningsbelastningsparametere med unntak av sprint og relativ sprint ( $p < 0,05$ ). Ved periode 2 hadde U16-spillerne større treningsbelastning enn U14-spillerne for parameterne høyhastighetsløp, sprintdistanse, Playerload  $\cdot \text{min}^{-1}$  og sRPE ( $p < 0,05$ ). I periode 2 hadde U16-spillerne en større sprintdistanse enn U14-spillerne ( $p < 0,05$ ), men når sprintdistanse var uttrykt relativ til sprinthastighet viste U14-spillerne trend til større sprintdistanse.

**Tabell 4.3:** Treningsbelastningsparametere ved tre påfølgende perioder for begge ungdomslag. Periodeverdier utgjør gjennomsnitt av total ukentlig treningsbelastning. Gjennomsnittsverdier til hvert lag utgjør gjennomsnitt av hver deltakers individuelle periodebelastning for de tre påfølgende periodene. Antall deltakere (n) i de ulike testperiodene er vist i parentes. Verdier er vist som gjennomsnitt ± standardavvik.

|  | <b>Periode 1</b> | <b>Periode 2</b> | <b>Periode 3</b> | <b>Gjennomsnitt</b> |
|--|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| U14  | (n=16)           | (n=16)           | (n=16)           | (n=22)              |
| U16  | (n=22)           | (n=15)           | (n=18)           | (n=25)              |
| <b>Varighet (min)</b>                        |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 726 ± 230*       | 609 ± 200        | 738 ± 204*       | 674 ± 193*          |
| U16  | 307 ± 114        | 687 ± 181        | 365 ± 157        | 390 ± 158           |
| <b>Totaldistanse (m)</b>                     |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 30783 ± 3101*    | 21584 ± 4271     | 28251 ± 2503*    | 26660 ± 3419*       |
| U16  | 12722 ± 3619     | 24269 ± 2890     | 13759 ± 4204     | 14904 ± 4843        |
| <b>Høyhastighetsløpsdistanse (m)</b>         |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 2215 ± 801*      | 1715 ± 879       | 1801 ± 560*      | 1879 ± 642*         |
| U16  | 1295 ± 691       | 2175 ± 514*      | 1157 ± 521       | 1368 ± 615          |
| <b>Relativ høyhastighetsløpsdistanse (m)</b> |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 690 ± 393*       | 651 ± 543        | 598 ± 349*       | 636 ± 374*          |
| U16  | 299 ± 205        | 440 ± 165        | 270 ± 169        | 303 ± 172           |
| <b>Sprintdistanse (m)</b>                    |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 368 ± 265        | 372 ± 384        | 307 ± 253        | 338 ± 265           |
| U16  | 360 ± 240        | 546 ± 200*       | 326 ± 197        | 370 ± 205           |
| <b>Relativ sprintdistanse (m)</b>            |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 118 ± 132        | 158 ± 216        | 103 ± 131        | 119 ± 148           |
| U16  | 63 ± 67          | 65 ± 44          | 68 ± 57          | 62 ± 54             |
| <b>PlayerLoad (au)</b>                       |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 3602 ± 493*      | 2504 ± 422       | 3135 ± 506*      | 3060 ± 444*         |
| U16  | 1354 ± 434       | 2543 ± 379       | 1383 ± 447       | 1548 ± 531          |
| <b>PlayerLoad·min<sup>-1</sup> (au)</b>      |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 37,3 ± 6,0*      | 26,9 ± 4,9       | 33,5 ± 5,4*      | 33 ± 4,7*           |
| U16  | 19,4 ± 6,1       | 33,4 ± 4,9*      | 17,2 ± 5,6       | 20,8 ± 6,9          |
| <b>Akselerasjoner (n)</b>                    |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 167 ± 55*        | 125 ± 55         | 150 ± 57*        | 145 ± 49*           |
| U16  | 51 ± 23          | 90 ± 32          | 71 ± 32          | 62 ± 27             |
| <b>Deselerasjoner (n)</b>                    |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 212 ± 69*        | 167 ± 60         | 185 ± 65*        | 184 ± 56*           |
| U16  | 76 ± 35          | 170 ± 40         | 104 ± 36         | 99 ± 43             |
| <b>HIA (n)</b>                               |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 933 ± 256*       | 667 ± 186        | 846 ± 262*       | 797 ± 225*          |
| U16  | 316 ± 129        | 645 ± 147        | 437 ± 136        | 399 ± 149           |
| <b>sRPE (au)</b>                             |                  |                  |                  |                     |
| U14  | 2851 ± 302*      | 1943 ± 349       | 2446 ± 274*      | 2420 ± 256*#        |
| U16  | 1149 ± 316       | 2344 ± 267*      | 1223 ± 416       | 1388 ± 497          |

\*Signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ) mellom ungdomslag. #Gjennomsnitt av sRPE for U14 var for  $n=21$  deltakere. HIA=høyintensive aksjoner, sRPE=session rating of perceived exertion.



#### **4.5 Sammenheng mellom treningsbelastning og endring i fysisk form**

Endring i spenstprestasjon var svakt korrelert med antall deselerasjoner for U14-spillerne ( $r=0,48$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.4). Totaldistanse, PlayerLoad og sRPE var positivt korrelert med endring i kraft og kraft/kg for U14-spillerne ( $p<0,05$ ), mens PlayerLoad·min<sup>-1</sup> var moderat korrelert med endring i kraft for U14-spillerne ( $r=0,52$ ) ( $p<0,05$ ). Antall akselerasjoner var negativt assosiert med endring i IR1-prestasjon, men positivt assosiert med endring i relativ power for U14-spillerne ( $p<0,05$ ). U16-spillerne viste moderate sammenhenger mellom relativ høyhastighetsløpsdistanse ( $r=0,58$ ) og relativ sprintdistanse ( $r=0,72$ ) med endring i relativ kraft ( $p<0,05$ ). I tillegg korrelerte relativ sprintdistanse med endring i kraft for U16-spillerne ( $p<0,05$ ). Ingen sammenheng var sett mellom treningsbelastning og endring i hurtighet, agility og power for begge ungdomslag.

**Tabell 4.4:** Sammenheng mellom endring av fysiske testvariabler med gjennomsnitt av treningsbelastning for begge ungdomslag. Fysiske testvariabler er uttrykt som prosentvis endring fra test 2 til 4. Normalfordelt data er vist ved Pearsons r-verdi, mens skjevfordelt data (kursiv) er vist som Spearmans rho. Parentes indikerer antall deltakere (n) i de ulike korrelasjonsanalysene. Verdier for 10 m og 30 m er gjeldende fra test 3 som følge av kuldepåvirkning ved test 4.

|   | 10 m   | 30 m   | Spent        | Agility | Kraft        | Kraft/kg     | Power  | Power/kg     | IR1           |
|---|--------|--------|--------------|---------|--------------|--------------|--------|--------------|---------------|
| U14                                     | (n=15) | (n=15) | (n=18)       | (n=17)  | (n=16)       | (n=16)       | (n=16) | (n=16)       | (n=12)        |
| U16                                     | (n=16) | (n=16) | (n=17)       | (n=11)  | (n=15)       | (n=15)       | (n=15) | (n=15)       | (n=9)         |
| <b>Totaldistanse</b>                    |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,11   | -0,19  | 0,27         | 0,15    | <b>0,52*</b> | <b>0,53*</b> | -0,04  | 0,09         | 0,15          |
| U16                                     | -0,46  | 0,22   | -0,25        | -0,52   | 0,40         | 0,24         | 0,37   | 0,25         | -0,08         |
| <b>Høyhastighetsløpdistanse</b>         |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,09   | 0,001  | 0,28         | 0,14    | 0,21         | 0,19         | -0,16  | -0,19        | 0,06          |
| U16                                     | -0,39  | -0,17  | -0,17        | -0,51   | 0,38         | 0,34         | -0,17  | -0,25        | 0,10          |
| <b>Relativ høyhastighetsløpdistanse</b> |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,13   | -0,24  | 0,23         | -0,04   | -0,01        | -0,03        | -0,29  | -0,32        | 0,18          |
| U16                                     | -0,22  | 0,01   | -0,24        | -0,38   | 0,51         | <b>0,58*</b> | -0,15  | -0,18        | -0,17         |
| <b>Sprintdistanse</b>                   |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,10   | -0,26  | 0,18         | -0,04   | -0,08        | -0,07        | -0,31  | -0,38        | 0,19          |
| U16                                     | -0,32  | -0,009 | -0,19        | -0,26   | 0,41         | 0,46         | -0,22  | -0,25        | -0,1          |
| <b>Relativ sprintdistanse</b>           |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,07   | -0,24  | 0,09         | -0,17   | -0,19        | -0,15        | -0,30  | -0,32        | 0,18          |
| U16                                     | -0,07  | 0,06   | -0,28        | -0,37   | <b>0,65*</b> | <b>0,72*</b> | -0,02  | 0,02         | -0,32         |
| <b>PlayerLoad</b>                       |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,23   | 0,08   | 0,33         | 0,15    | <b>0,58*</b> | <b>0,54*</b> | 0,24   | 0,35         | -0,40         |
| U16                                     | -0,32  | 0,25   | -0,14        | -0,39   | 0,30         | 0,25         | 0,15   | 0,09         | -0,23         |
| <b>PlayerLoad·min<sup>-1</sup></b>      |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,20   | 0,13   | 0,36         | 0,12    | <b>0,52*</b> | 0,49         | 0,27   | 0,38         | -0,42         |
| U16                                     | -0,33  | 0,17   | -0,15        | -0,48   | 0,44         | 0,36         | -0,09  | -0,14        | -0,38         |
| <b>Akselerasjoner</b>                   |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,27   | 0,11   | 0,02         | 0,24    | 0,06         | 0,13         | 0,35   | <b>0,58*</b> | <b>-0,68*</b> |
| U16                                     | 0,22   | 0,37   | 0,04         | 0,01    | -0,12        | 0,13         | -0,37  | -0,24        | -0,21         |
| <b>Deselerasjoner</b>                   |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,26   | -0,11  | <b>0,48*</b> | -0,05   | 0,30         | 0,35         | -0,17  | 0,11         | -0,22         |
| U16                                     | 0,21   | 0,16   | 0,007        | -0,29   | 0,04         | 0,06         | -0,01  | -0,03        | 0,18          |
| <b>HIA</b>                              |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,44   | 0,07   | 0,25         | 0,14    | 0,05         | 0,19         | 0,03   | 0,34         | -0,35         |
| U16                                     | 0,16   | 0,19   | 0,09         | 0,06    | 0,18         | 0,11         | -0,02  | 0,01         | -0,18         |
| <b>sRPE</b>                             |        |        |              |         |              |              |        |              |               |
| U14                                     | 0,30   | -0,07  | 0,36         | 0,22    | <b>0,62*</b> | <b>0,59*</b> | 0,01   | 0,12         | 0,26          |
| 16                                      | -0,13  | 0,41   | -0,25        | -0,36   | 0,28         | 0,14         | 0,27   | 0,23         | 0,22          |

\*p<0,05. HIA=høyintensive aksjoner, sRPE=session rating of perceived exertion.

## 5. Diskusjon

Formålet med prosjektet var å undersøke relasjonen mellom treningsbelastning og utvikling av fysisk form for to mannlige ungdomslag i løpet av én fotballsesong. Hovedfunnene i dette prosjektet var at både endring i spenstprestasjon og IR1-prestasjon viste korrelasjon med akselerasjonsparametere av treningsbelastning for U14-laget. I tillegg viste U14 korrelasjon mellom endring i styrke med akselerasjonsparametere, totaldistanse og sRPE. For U16-spillerne ble det påvist sammenheng mellom endring i styrke med relativ høyhastighetsløpsdistanse og relativ sprintdistanse. Sammenlignet mellom ungdomslagene, viste U14-laget til flere sammenhenger mellom endring av fysisk form og treningsbelastning enn U16-laget. Flest sammenhenger med treningsbelastning ble sett mellom endring i kraft og kraft/kg for begge ungdomslag. Gjennomsnittlig treningsbelastning var større for U14 enn for U16 for samtlige parametere, med unntak av sprintdistanse og relativ sprintdistanse, mens høyhastighetsløpsdistanse, sprintdistanse og HIA viste ingen korrelasjon med endring i fysisk form i dette prosjektet.

### **5.1 Forskjeller i fysisk form - hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke**

U16 presterte bedre enn U14 på alle fire testtidspunkt for alle testvariabler, med unntak av kraft/kg ved testtidspunkt 2 (tabell 4.1). Dette samsvarer med tidligere studier i fotball som viser økning i fysisk form med økt alder i denne aldersgruppen (Duarte et al., 2018; Francini et al., 2019; Goto, 2012; Lloyd et al., 2015; Lovell et al., 2015; Mendez-Villanueva et al., 2011; Nikolaidis, 2014; Valente-dos-Santos et al., 2014; Vänttinen et al., 2011; Williams et al., 2011).

Hurtighetsresultatene i dette prosjektet (tabell 4.1) var dårligere enn det en annen studie har vist for 10 m sprinttid for samme aldersgrupper (U13/U14: 1,93, U15/U16: 1,78 sek) (Williams et al., 2011). Det skyldes antakeligvis at studien benyttet en lengre distanse fra start til første fotocelle (1,0 m) enn dette prosjektet (0,2 m). Tidligere har lengre distanse fra start til første fotocelle påvirket sprinttid ved både 10 og 20 m sprint (Haugen et al., 2015).

Spenstprestasjon av samme aldersgrupper har i andre studier vært bedre (U13/U14: 39,7-49,2 cm, U15/U16: 55,2 cm) (Bidaurrazaga-Letona et al., 2014; Williams et al., 2011) enn dette prosjektet (tabell 4.1). Studiene benyttet riktignok ikke kraftplattform til måling av spenst, slik at hopp høyden kan ha vært mindre valid enn dette prosjektet (Raastad et al., 2010). Likevel har andre studier også vist liknende spenstresultater som dette prosjektet ved bruk av hoppmatte (U13/U14: 30-31,9 cm, U15/U16: 35,6 cm) (Figueiredo et al., 2009; Vänttinen et al., 2011).

Agility-resultatene i dette prosjektet (tabell 4.1) var bedre enn det andre studier av samme aldersgrupper har vist (U14: 17,57 sek, U16: 16,43-18,3 sek) (Gioldasis & Bekris, 2014; Zarei et al., 2018). Riktignok benyttet studiene ulike størrelser av testen, slik at sammenlignbarhet med dette prosjektet er utfordrende.

Muskelstyrken var lavere for U14-spillerne enn det som tidligere har blitt vist i en annen studie av norske spillere (Grendstad et al., 2020). Studien målte riktignok muskelstyrke gjennom summasjonen av to bein, og hadde et eldre utvalg (14,1 år), mens når verdiene var halvert var de liknende som styrkeverdiene i dette prosjektet (kraft: 764-845 N, power: 360-409 W).

En mulig forklaring på forskjellene i fysisk form mellom ungdomslagene kan skyldes modning. Ettersom U16-spillerne var både høyere og tyngre enn U14-spillerne i dette prosjektet (tabell 4.1), kan det tyde på en større grad av modning i den eldste gruppen. Dette bekreftes også av tidligere forskning som har sett at utvikling av høyde og vekt kan assosieres med modning i ungdomsårene (Goto, 2012; Malina et al., 2000; Malina et al., 2004). Derfor kan muligens forskjellene i egenskapene hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke forklares av modning ettersom det har blitt vist i tidligere studier (Asadi et al., 2018; Bidaurrazaga-Letona et al., 2014; Cunha et al., 2017; Grendstad et al., 2020; Figueiredo et al., 2009; Hammami, Chaouachi et al., 2016; Lloyd et al., 2015; Lovell et al., 2015; Malina et al., 2004; Meylan et al., 2014; Murtagh et al., 2018; Valente-dos-Santos et al., 2014).

Muskelmasse kan være en forklaring på hvordan modning kan ha gitt bedre fysisk prestasjon i dette prosjektet. Ettersom muskelmasse utvikles underveis i puberteten (Wood et al., 2019), samt at U16-spillerne var av større vekst, kan det tenkes at det kan

ha vært forskjeller i muskelmasse mellom lagene også. Tidligere har større muskelmasse vært tilknyttet bedre fysisk prestasjon, hvor studier har vist at ungdomsspillere med større muskelmasse har prestert bedre i hurtighet, spenst og muskelstyrke (Grendstad et al., 2020; Hoshikawa et al., 2013; Reilly et al., 2000; Vänttinen et al., 2011). Derfor kan forskjellene i hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke mellom ungdomslagene i dette prosjektet forklares av muskelmasse. Ellers var det ikke kontrollert for egentrening i dette prosjektet. Likevel var det informert om at enkelte U16-spillere var i oppstart med egentrening av tyngre styrketrening på beinmuskulatur. Egentreningen kan ha forbedret muskelmassen, men også muskelaktiveringens deres som ofte oppstår som en tidlig effekt av styrketrening (Gabriel et al., 2006). Derfor kan det tenkes at forskjellene i muskelstyrke mellom ungdomslagene også muligens kan forklares av individuell styrketrening. Med andre ord kan påviste forskjeller i muskelstyrke i dette prosjektet dermed ikke alene være en følge av alders- og modningsforskjeller mellom ungdomslagene.

En mulig forklaring til bedre prestasjon av hurtighet, spenst og agility for U16-spillerne i dette prosjektet kan skyldes at U16-spillerne også var sterkere i beina, målt både som power og absolutt og relativ kraft, enn U14-spillerne (tabell 4.1). Tidligere har det blitt nevnt et forhold mellom muskelstyrke, akselerasjon og hurtighet (Raastad et al., 2010), hvor det kan være fordelaktig med større relativ muskelstyrke for å skape større kraft og dermed større akselerasjon for hurtighetsprestasjon. I tillegg har andre studier sett at muskelstyrke kan tilknyttes egenskapene hurtighet og spenst (Cunningham et al., 2013; Riggs & Sheppard, 2009; Wisløff et al., 2004). Agility-resultatene kan antakeligvis også ses i sammenheng med muskelstyrke ettersom agility-prestasjon krever muskelstyrke til utførelse av akselerasjon, oppbremsinger og vendinger (Raastad et al., 2010). I tillegg har agility-prestasjon for ungdomsspillere tidligere vist utvikling etter styrketrening (García-Pinillos et al., 2014), som kan indikere at trening av muskelstyrke har betydning for utvikling av agility-prestasjon.

Mulige årsaker for større muskelstyrke for U16-spillerne i dette prosjektet skyldes antakeligvis større muskeltversnitt eller bedre evne til nevralt muskelaktivering (Suchomel et al., 2018). På den ene siden kan forbedret muskelaktivering muligens være en mer betydningsfull faktor for styrkeforskjell i ungdomsårene fremfor muskelmasse (Gillen et al., 2019). Forbedret muskelaktivering kan skyldes økt

rekruttering av store motoriske enheter og høyere fyringsfrekvens av motoriske enheter (Suchomel et al., 2018). På den annen side hadde U16-spillerne omtrent 25 % større kraftproduksjon enn U14-spillerne ved test 4, mens når kraftproduksjon var studert relativ til egen kroppsvekt var forskjellen bare 10 % større for U16-spillerne (tabell 4.1). Med andre ord virker muskelmassen å være en større betydningsfull faktor for forskjellene i muskelstyrke i dette prosjektet fremfor muskelaktivering ettersom forskjellen mellom ungdomslagene ble betydelig mindre ved bruk av relative verdier sammenlignet med absolutte verdier.

Power-forskjellene mellom ungdomslagene (tabell 4.1) skyldes antakeligvis en kombinasjon av større maksimal muskelstyrke og en bedre evne til hurtig kraftutvikling hos U16-spillerne. Hurtig kraftutvikling bestemmes blant annet av muskellengde, hvor en lengre muskel kan produsere større kraft på større forkortningshastigheter. Forskning tyder på tilnærmet ferdigvekst av muskellengde rundt 15-års alderen (Radnor et al., 2018). I tillegg er det mulig at modning kan føre til en større forekomst av type II muskelfibre, som kan resultere i en økt forbedring av hurtig kraftproduksjon (Radnor et al., 2018). Derfor kan også større power-produksjon i dette prosjektet skyldes mulige forskjeller i muskelmasse, muskellengde og fibertypesammensetning mellom ungdomslagene.

Oppsummerende kan det tyde på at økt muskelmasse gjennom modning og vekst kan forklare forskjellene i hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke. Større kraft og power i beina kan være assosiert med bedre prestasjon i hurtighet, spenst og agility, og dermed også forklare forskjellene mellom U14- og U16-spillerne i dette prosjektet. Årsak til større muskelstyrke for U16-spillerne sammenlignet med U14-spillerne skyldes antakeligvis en større muskelmasse fremfor muskelaktivering, mens power forskjellene kan ses i sammenheng med mulige forskjeller i muskelmasse, muskellengde og fibertypesammensetning.

## **5.2 Endringer i fysisk form - hurtighet, spenst og muskelstyrke**

I gjennomgangen over kan forskjellene i hurtighet, spenst, agility og muskelstyrke skyldes modning og vekst gjennom økt muskelmasse, samt effekt av individuell styrketrening for U16-spillerne som kan ha utviklet både muskelmassen og

muskelaktivering. I tillegg var forskjellene i hurtighet, spenst og agility antakeligvis forårsaket av en større muskelstyrke. Disse forklaringene kan derfor også trolig forklare endringene i hurtighet, spenst (U16: 5,3 % endring fra test 3 til test 4) og muskelstyrke (U14: 4,2 % endring i kraft fra test 3 til test 4) mellom ungdomslagene (figur 4.1).

På den ene siden kan større endringer i fysisk form for U14-spillerne sammenlignet med U16-spillerne skyldes et større utviklingspotensial for U14-spillerne som følge av et større vekstpotensial. Begge ungdomslagene viste riktignok utvikling av både høyde (U14: 0,9 %, U16: 0,3 %) og vekt (U14: 2,9 %, U16: 3,6 %) fra test 3 til test 4 ( $p < 0,05$ ) (figur 4.1 a-b). Med bakgrunn i en større endring av vekt fra både test 2 til test 3 og test 3 til test 4 for U14-spillerne sammenlignet med U16-spillerne, samt at tidligere forskning har vist størst vekst av høyde og vekt hos ungdommer ved  $13,8 \pm 0,8$  år (Philippaerts et al., 2006), kan det ha vært et større vekstpotensial for U14-spillerne i dette prosjektet. Ettersom U16-spillerne allerede var sterkere enn U14-spillerne (tabell 4.1), og at det tidligere har blitt vist at det kan være en mindre grad av utviklingsevne av fysisk form ved eller etter 16-års alderen (Dunbar & Power, 1997), kan det derfor tenkes at U14-spillerne i dette prosjektet kan ha hatt et større utviklingspotensial i spenstprestasjon (7,2 % større enn U16-spillerne fra test 2 til test 3) (figur 4.1 e). I tillegg viste U14-spillerne 4,2 % endring i kraft fra test 3 til test 4, mens denne forskjellen ikke var tydelig for U16-spillerne (figur 4.1 f). Dette tilsier at ved eller etter 16-års alderen kan det være en mindre grad av utviklingsevne av fysisk form, som også underbygges av at U16-spillerne i dette prosjektet viste få større endringer i fysisk form sammenlignet med U14-spillerne. I tillegg har tidligere studier også sett at muskelstyrke muligens kan være relatert til økt treningsmengde (Gissis et al., 2006; Grendstad et al., 2020; Hansen et al., 1999). Utviklingen i kraft for U14-spillerne kan derfor ses i sammenheng med en større treningsbelastning i dette prosjektet også (tabell 4.3).

På den annen side kan en større endring i hurtighet for U16-spillerne sammenlignet med U14-spillerne (2,4 % bedre 10 m tid enn U14-spillerne fra test 2 til test 3) (figur 4.1 c) antakeligvis skyldes et lengre vekstløp underveis i puberteten (Wood et al., 2019) eller forbedret evne til muskelaktivering som følge av treningserfaring med styrketrening (Gabriel et al., 2006). Likevel var det overraskende at U16-spillerne viste en større endring i hurtighet ettersom spillerne utførte test 3 på et tidligere tidspunkt enn U14-

spillerne (figur 3.2). Det kunne derfor forventes at U14-spillerne skulle oppnå en større endring i 10 m tid basert på en lengre periode mellom testtidspunktene.

Trend til negativ utvikling av hurtighet ble sett hos begge lag. U14-spillerne viste 1,3 % nedgang i 30 m tid fra test 3 til test 4 ( $p=0,048$ ) (figur 4.1 c-d), mens U16-spillerne viste 3,2 % nedgang i 10 m tid fra test 3 til test 4 ( $p=0,006$ ). Antakeligvis skyldes den negative utviklingen av hurtighet fra test 3 til test 4 effekt av kuldepåvirkning på hurtighetsresultatene ved test 4 for begge ungdomslag. Kulde kan redusere muskeltemperaturen som igjen vil være hemmende for prestasjon i høyintensiv aktivitet (Carlson et al., 2017). Det er tidligere påvist reduksjon av agility, hurtighet og spenst som følge av kuldepåvirkning (Carlson et al., 2017; Patterson et al., 2008). I tillegg førte kulden til glattere underlag og bruk av mer klær, som kan ha påvirket testene negativt.

I tillegg viste U14-spillerne trend til negativ utvikling fra test 2 til test 3 i både 10 m tid og 30 m tid (figur 4.1 c-d). Den negative trenden fra test 2 til test 3 kan muligens tilknyttes vekst og ukoordinert motorisk evne (Brown et al., 2017). Ellers kan det ses i sammenheng med at test 3 var utført underveis i sesongen, hvor det potensielt kan ha vært redusert yteevne som følge av mindre mulighet for restitusjon etter kampbelastning, samt en stor treningsbelastning. Restitusjon av hurtighetsprestasjon kan ta opp til 96 timer etter kamp for en seniorspiller (Nédélec et al., 2012). Likevel virker sprintprestasjon underveis i kamp å være uendret for ungdomsspillere (Kunz et al., 2019), som kan tyde på mindre grad av muskeltrøtthet. I tillegg har det blitt foreslått at yngre utøvere restituerer raskere enn voksne, sannsynligvis som følge av at høyintensiv aktivitet blir utført med lavere power og bidrag fra anaerob metabolisme enn for voksne (Buchheit, Duché et al., 2010). Likevel kan det være at hurtighetsresultatene til U14-spillerne i dette prosjektet kan ha blitt påvirket av at testtidspunktet var underveis i sesong ettersom det var observert trend til negativ utvikling i både 10 m tid og 30 m tid. Ellers var også enkelte av U14-spillerne påvirket av perioder med treningsopphør som følge av koronavirusutbruddet, som kan ses i sammenheng med den negative utviklingen av hurtighet fra test 2 til test 3.

Ellers viste U16 trend til negativ utvikling av fysisk form fra test 2 til test 3 for 30 m, spenst, power og relativ power (figur 4.1). Forklaring på den negative trenden skyldes antakeligvis at tre uker opphør fra organisert aktivitet har ført til redusert fysisk yteevne.



En tidligere metastudie har sett at 2-12 uker opphør av fotballtrening førte til reduksjon i spenst, sprint og utholdenhet for fotballspillere (Clemente et al., 2021). På grunn av den observerte negative utviklingen av spenstresultatene fra test 2 til test 3 for U16-spillerne, ble dermed spenstresultatene fra test 4 sammenlignet med negative utviklingsverdier av spenst som kan ha påvirket at det ble påvist en stor endring i spenst fra test 3 til test 4 for U16-spillerne. I tillegg ble ulike kraftplattformer benyttet til testing av spenst i dette prosjektet ettersom det var utfordringer med tilgjengelighet på samme kraftplattform. Det kan slik sett ikke utelukkes at bruk av annen kraftplattform kan ha ført til at det ble observert en negativ utvikling av spenst fra test 2 til test 3 for U16-spillerne. I tillegg skyldes den negative utviklingen av fysisk form for U16-spillerne sannsynligvis at perioden mellom oppstart av trening og test 3 (1 uke) var for kort til at U16-spillerne kunne oppnå en treningseffekt igjen etter ferieperioden (figur 3.2). På den annen side gjennomførte U14-spillerne test 3 etter en lengre periode fra oppstarten (4 uker) (figur 3.2) slik at spillerne sannsynligvis ikke fikk like stor reduksjonseffekt på de fysiske egenskapene fra ferieperioden mellom test 2 og 3 som hos U16-spillerne.

Selv om U16-spillerne viste trend til reduksjon i power fra test 2 til test 3, viste dem ingen trend til reduksjon i kraft fra test 2 til test 3 (figur 4.1 f, h). For seniorspillere har 4 uker restitusjon tidligere vist reduksjon i muskelmasse (Reinke et al., 2009). Likevel var det lite sannsynlig at ferieperioden for U16-spillerne (tre uker) førte til betydelig reduksjon i muskelmasse ettersom de fremdeles var i vekst. Reduksjon i muskelstyrke etter en restitusjonsperiode på 20 dager synes i større grad å skyldes reduksjon i muskelaktivering fremfor reduksjon i muskelmasse (Kawakami et al., 2001). Dermed kan man anta at reduksjonen i power fra test 2 til test 3 kan skyldes reduksjon i muskelaktivering for U16-spillerne, mens muskelstyrke muligens kan ha blitt bevart av muskelmassen. Reduksjon i power som følge av treningsopphør belyses også i en tidligere studie sett hos fotballspillere (Silva et al., 2016). Derfor var det ikke overraskende at U16-spillerne viste reduksjon i power fra test 2 til test 3 i dette prosjektet.

Det var overraskende at det ikke var flere endringer av fysisk form mellom ungdomslagene ettersom gjennomgangen tidligere vedrørende vekst og modning har vist tydelig relasjon mellom modning og utvikling av spenst, hurtighet og muskelstyrke.

Selv om vekst og modning kan føre til forbedret fysisk form i ungdomsårene kan også kraftig vekst føre til utfordringer med motorikk – spesielt i 12-14-års alderen (Brown et al., 2017). Dette skyldes at gjennomføring av tidligere innlærte bevegelser kan oppleves utfordrende når det forekommer hurtig beinvekst uten like hurtig utvikling av muskelmasse, slik at den nevro-motoriske kontrollen kan reduseres (Corso, 2018). Dermed kan det tenkes at manglende forskjeller i endring av fysisk form mellom lagene, samt trend til større utvikling av kraft (figur 4.1 f-g) for U16-spillerne sammenlignet med U14-spillerne, kan skyldes egentrening av styrketrening eller tilknyttede redusert motorisk evne for U14-spillerne i dette prosjektet. Riktignok var verken modning eller muskelmasse målt i dette prosjektet og derfor blir det spekulativt hvorvidt modning og vekst kan forklare forskjellene i fysisk form.

Oppsummerende virket en større endring i spenst for U14-spillerne å kunne ses i sammenheng med et større utviklingspotensial antakeligvis som følge av vekst. På den andre siden virket treningserfaring og et lengre vekstløp på utvikling av muskelmasse og være mulige faktorer relatert til en større endring i hurtighet for U16-spillerne sammenlignet med U14-spillerne. Årsaker til få forskjeller i endring av fysisk form i dette prosjektet skyldes antakeligvis en redusert motorisk evne som følge av en stor endring i vekst for U14-spillerne, samt en mindre grad av utviklingsevne på endring i fysisk form for U16-spillerne. I tillegg kan den påviste negative utviklingen i fysisk form ses i sammenheng med treningsopphør av organisert aktivitet og kuldepåvirkning.

### **5.3 Forskjeller og endringer i fysisk form – utholdenhet**

Utholdenhetsresultatene i dette prosjektet (tabell 4.1) var bedre enn det tidligere studier har rapportert om (U13/U14: 1199-1322 m, U15/U16: 1649-1884 m) (Deprez et al., 2015; Francini et al., 2019). I førstnevnte studie skyldes forskjellene antakeligvis at spillerne var yngre enn spillerne i dette prosjektet (U13: 11,8 år, U15: 13,8 år), mens i sistnevnte studie var alderen liknende som i dette prosjektet (U14: 12,9 år, U15/U16: 14,4 år) (tabell 4.1). En mulig faktor til forskjellene kan være at studiene benyttet utenlandske fotballspillere hvor treningstilnærmingen kan være annerledes enn det som gjelder for norske spillere. Studien til Grendstad et al. (2020) kan illustrere dette poenget ettersom de norske U14-spillerne i studien også presterte bedre i IR1-testen ( $1664 \pm 367$  m) sammenlignet med de utenlandske spillerne fra de andre studiene. En annen faktor for bedre utholdenhetsresultater i dette prosjektet sammenlignet med

studien til Francini et al. (2019), kan skyldes forskjeller i modning mellom spillerne i studien og dette prosjektet, som kan ha ført til variasjon og vanskeligheter for nevrologisk kontroll under de fysiske testene (Corso, 2018).

Bedre utholdenhetsprestasjon for U16-spillerne i dette prosjektet skyldes antakeligvis andre faktorer enn modning, ettersom studier har gitt et tvetydig bilde av forholdet mellom utholdenhet og modning (Figueiredo et al., 2009; Grendstad et al., 2020; Malina et al., 2004). På den ene siden er det mulig at endringen kan skyldes et bedre oksygenopptak ettersom Bangsbo et al. (2008) viste at det var god korrelasjon mellom  $VO_{2maks}$  og IR1-prestasjon ( $r=0,70$ ). På den annen side har andre ungdomsstudier derimot vist en tvetydig sammenheng mellom  $VO_{2maks}$  og alder (Canhadas et al., 2010; Cunha et al., 2011; Goto, 2012; Strøyer et al., 2004). I tillegg er det mulig at endring av utholdenhet i ungdomsårene kan forklares av en bedre arbeidsøkonomi, utnyttingsgrad og anaerob kapasitet fremfor et forbedret oksygenopptak ettersom  $VO_{2maks}$  relativ til egen kroppsvekt var uendret gjennom tre år med trening for ungdommer (Landgraff et al., 2021). Derfor kan det tenkes at oksygenopptak ikke var en avgjørende faktor for forskjellen i utholdenhet mellom ungdomslagene.

På den annen side krever IR1-testen større hastighet lengre utover i testen. Hurtighet og anaerob kapasitet kan derfor ha vært en begrensning for IR1-prestasjon for U14-spillerne. U16-spillerne var samtidig raskere på 10 m (tabell 4.1) og kan derfor ha hatt nytteverdi av en raskere akselerasjon etter vendingene under IR1-testen. I tillegg kan evnen til å tolerere gjentatte retningsforandringer i utholdenhetstesten ha vært bedre for U16-spillerne som følge av en bedre anaerob kapasitet (Buchheit, 2008).

U14-spillerne viste 9,7 % større endring av IR1-prestasjon fra test 2 til test 3 enn U16-spillerne (figur 4.1 j) i dette prosjektet. På den ene siden kan det ses i sammenheng med et større utviklingspotensial som følge av en større vekstforskjell for U14-spillerne. På den annen side kan det ses i sammenheng med at U16-spillerne viste trend til negativ utvikling av IR1-prestasjon antakeligvis som følge av tre uker treningsopphør av organisert aktivitet i forkant av test 3. I tillegg viste U14-spillerne trend til nedgang i IR1-prestasjon fra test 3 til test 4 (figur 4-1 j). Ettersom IR1-testen også består av høyintensiv løping er det mulig at kulden også kan ha påvirket denne testen ved test 4 og ført til at det ble påvist få endringer i utholdenhet i dette prosjektet.

Oppsummerende viste U14-spillerne en større forbedring av utholdenhet enn U16-spillerne. Antakeligvis skyldes forbedringen andre faktorer enn modning, ettersom tidligere forskning fremstilte et tvetydig bilde mellom modning og utholdenhet. Derfor kan forbedringen i utholdenhet muligens skyldes forbedret arbeidsøkonomi, utnyttingsgrad eller anaerob kapasitet.

#### **5.4 Korrelasjon mellom endring i fysisk form**

U16 viste sammenheng mellom endring i vekt og endring i kraft ( $r=0,66$ ) (tabell 4.2). Vekt har tidligere vært en signifikant faktor for isokinetisk knefleksjon og ekstensjon (De Ste Croix et al., 2002). Antakeligvis skyldtes denne sammenhengen økt muskelmasse, ettersom det er et nært forhold mellom tverrsnitt av muskelgruppe og maksimal kraftutvikling (Radnor et al., 2018). Samtidig var ikke muskelmasse målt i dette prosjektet, så det kan ikke utelukkes at vektfremgangen kan ha skyldtes eksempelvis økt kroppsfett. Selv om tidligere studier tyder på at andel kroppsfett også øker med modning for ungdomsspillere (Figueiredo et al., 2009; Goto, 2012), vil sannsynligvis endring i fettprosent være minimal ettersom muskelmassen også øker med modning. Derfor er det sannsynlig at sammenhengen mellom endringen i kraft og vekt for U16-spillerne skyldes økt muskelmasse.

Endring i høyde var korrelert med endring i vekt for U14 ( $r=0,56$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.2). Det var som forventet ettersom begge komponentene øker under en vekstfase. Malina et al. (2004) så eksempelvis i sin studie en sterk sammenheng mellom høyde og vekt for fotballspillere i alderen 13-15 år ( $r=0,87$ ). Det var derimot overraskende at det ikke var flere sammenhenger mellom antropometri og utvikling av fysisk form i dette prosjektet. Tidligere ungdomsstudier har sett at det var en relasjon mellom økt høyde og bedre prestasjon i hurtighet (Brahim et al., 2013; Cunha et al., 2017), spenst (Brahim et al., 2013; Cunha et al., 2017; Wong et al., 2009), agility (Brahim et al., 2013), styrke (De Ste Croix et al., 2002) og utholdenhet (Brahim et al., 2013; Wong et al., 2009). I tillegg har studier sett sammenheng mellom økt vekt og bedre prestasjon i hurtighet (Brahim et al., 2013; Wong et al., 2009), spenst (Brahim et al., 2013; Nikolaidis, 2014), agility (Brahim et al., 2013) og muskelstyrke (De Ste Croix et al., 2002). Ettersom spenst- og muskelstyrke testene var bedre standardisert enn løpstestene i dette prosjektet, var det overraskende at det ikke ble vist flere sammenhenger mellom disse testene og antropometri.

Flere av korrelasjonene mellom endring i fysisk form i dette prosjektet var også i overenstemmelse med hva som har blitt påvist i andre studier. Eksempelvis viste U14-spillerne god korrelasjon mellom endring i spenst og endring i kraft ( $r=0,50$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.2) som var i samsvar med studien til Wisløff et al. (2004), hvor det var en god korrelasjon mellom muskelstyrke og spenst ( $r=0,78$ ). Derimot var det ikke påvist noen andre sammenhenger mellom endring av spenstprestasjon i dette prosjektet, som var overraskende ettersom tidligere studier har sett at spenst også har vært tilknyttet hurtighet (10 m:  $r= -0,72$ , 20m:  $r= -0,74$ , 30m:  $r= -0,60$ ) (Jiménez-Reyes et al., 2018; Wisløff et al., 2004) og relativ power ( $r=0,94$ ) (Riggs & Sheppard, 2009). I tillegg har plyometrisk trening ført til fremgang i både spenst og agility for ungdomsspillere (Meylan & Malatesta, 2009; Ramírez-Campillo et al., 2015), slik at det kunne tenkes at disse egenskapene også kunne vært relatert til hverandre. I tillegg viste U16-spillerne god sammenheng mellom endring i 10 m tid og endring i kraft ( $r= -0,59$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.2) som var i samsvar med hva tidligere studier har vist for egenskapene ( $r= -0,55$ ;  $r= -0,94$ ) (Cunningham et al., 2013; Wisløff et al., 2004). I sistnevnte studie var det også korrelasjon mellom 30 m tid og maksimal muskelstyrke ( $r= -0,71$ ), mens denne sammenhengen var ikke tydelig i dette prosjektet. I en sprint produseres det størst kraft på lave hastigheter, men lavest kraft på høyere hastigheter (Morin & Samozino, 2016). Av den grunn var det ikke overraskende at endring av 10 m tid og endring av kraft korrelerte for U16-spillerne, mens det ikke var sammenheng for endring av 30 m tid (tabell 4.2). En annen sammenheng som ikke var tydelig i dette prosjektet, men som har blitt vist i en annen studie var sammenhengen mellom 10 m tid og relativ power ( $r= -0,82$ ) (Cunningham et al., 2013). Derimot kan årsak til få sammenhenger for hurtighet i dette prosjektet skyldes at korrelasjonsanalysene for hurtighetstestene tok utgangspunkt i test 3 fremfor test 4. Derfor var det mulig at perioden mellom testene kan ha vært for kort til at det kunne bli påvist en tydelig utvikling.

Relative verdier av power og kraft viste sterke korrelasjoner mellom absolutte verdier av power og kraft for begge ungdomslag ( $r=0,85-0,97$ ) (tabell 4.2). Det var som forventet at spillerne som har økt mest i absolutt styrke også har økt mest i relativ styrke. U14-spillerne viste moderat sammenheng mellom endring av 10 m tid og endring av 30 m tid ( $r=0,58$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.2). Det var ikke overraskende ettersom begge testparameterne omgår hverandre. I tillegg viste resultatene bare ett tilfelle (U16-laget) hvor det var sammenheng mellom kraft og power i dette prosjektet ( $r=0,51$ )

( $p < 0,05$ ) (tabell 4.2). Maksimal eksplosiv styrke (power) og maksimal styrke (kraft) oppnås riktignok ved ulik kontraksjonshastighet. Likevel stiller maksimal power også krav til stor kraftproduksjon ved større hastigheter (Jiménez-Reyes et al., 2018). Av den grunn er det logisk at egenskapene kan påvirke hverandre hvor spillere som har utviklet styrke også kan ha utviklet power. Dermed var det overraskende at det ikke var flere sammenhenger mellom endring i power og styrke i dette prosjektet.

Det var overraskende at endring i agility ikke korrelerte med endring i kraft, power og hurtighet i dette prosjektet (tabell 4.2) med tanke på det som tidligere har blitt nevnt om egenskapene. Likevel eksisterer det tvil om muskelstyrke og lineær hurtighet er viktige komponenter for agility-prestasjon (Sheppard & Young, 2006). Samtidig har Illinois-testen en lang varighet sammenlignet med andre vanlige agility-tester (Kadlubowski et al., 2019). Dermed kan testen stille et større krav til utholdenhet enn agility-tester av kortere varighet, som kan ha vært utslagsgivende i dette prosjektet. Annen årsak til manglende sammenhenger for agility i dette prosjektet skyldes antakeligvis også kuldepåvirkning ved test 4 (Carlson et al., 2017; Patterson et al., 2008).

Endring i utholdenhet var negativt korrelert med endring i kraft og kraft/kg for U16 ( $r = -0,74; -0,88$ ) ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.2). Det var ikke overraskende når utholdenhet og styrke kan være to motvirkende egenskaper. Eksempelvis kan en samtidig treningsperiode av utholdenhetstrening og styrketrening gi reduksjon på bedring i muskelstyrke, muskelmasse og power (Wilson et al., 2012). Dermed var det logisk at spillerne i dette prosjektet som har hatt best utvikling i utholdenhet har hatt mindre utvikling i muskelstyrke.

Oppsummerende var endring i kraft den egenskapen som viste flest sammenhenger med endring i fysisk form for begge ungdomslagene i dette prosjektet. Det var ikke overraskende med tanke på at studier har sett at muskelstyrke er en forklarende faktor for egenskaper som hurtighet, spenst og agility.

## **5.5 Forskjeller i treningsbelastning**

U14 hadde noe overraskende en større gjennomsnittlig treningsbelastning enn U16 i dette prosjektet for samtlige parametere med unntak av absolutt og relativ sprintdistanse ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Det var overraskende fordi flere tidligere studier har vist at eksterne

belastning øker med økt alder for ungdomsspillere (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010; Goto, 2012; Goto & Saward, 2020; Harley et al., 2010; Saward et al., 2016).

Andre studier som har undersøkt ukentlig treningsbelastning har også sett trend til større treningsbelastning hos eldre spillere (Hannon, Coleman et al., 2021; Hannon, Parker et al., 2021; Wrigley et al., 2012). I studien til Hannon, Coleman et al. (2021) viste eksempelvis U16-spillerne større totaldistanse, høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse sammenlignet med U13- og U14-spillerne gjennom treningsukene. En viktig forskjell fra studien og dette prosjektet var at U16-spillerne hadde en lengre treningsvarighet enn U13- og U14-spillerne hos Hannon, Coleman et al. (2021).

I dette prosjektet var det ingen forskjell i gjennomsnittlig ukentlig antall øker mellom U14 og U16 lagene ( $4,7 \pm 0,3$  vs  $3,8 \pm 0,6$ ). Derimot hadde U14 både en større gjennomsnittlig ukentlig varighet på øktene ( $462 \pm 54,1$  min vs  $287 \pm 90,2$ ), samt gjennomsnittlig periodevarighet på øktene ( $674 \pm 193$  vs  $390 \pm 158$ ) sammenlignet med U16 ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Resultatene tyder dermed på at U14-spillerne kan ha hatt et hardere tilpasset treningsprogram enn U16-spillerne i prosjektet.

Det var overraskende at U14-spillerne viste en større gjennomsnittlig intern treningsbelastning enn U16-spillerne i dette prosjektet ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Tidligere har eldre spillere vist større intern belastning enn yngre spillere i løpet av en treningsuke (Wrigley et al., 2012). Riktignok så også studien at den eldste gruppen hadde en lengre treningsvarighet som kan påvirke sRPE. Derfor kan det tenkes at en lengre treningsvarighet kan ha vært en avgjørende faktor til at U14-spillerne viste større intern treningsbelastning enn U16-spillerne i dette prosjektet.

Selv ved en lengre treningsvarighet var det fremdeles overraskende at U14 oppnådde en større gjennomsnittlig treningsbelastning enn U16 i dette prosjektet, spesielt for høyintensitets variablene. Ettersom U16-spillerne var sterkere og raskere enn U14-spillerne i dette prosjektet ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.1) kunne man anta at de enklere ville oppnå høyintensive akselerasjoner, deselerasjoner, sprint og høyhastighetsløp, enn mindre fysiske U14-spillere. Derimot viste U16-spillerne til mindre belastning av nevnte parametere, hvor en mulig forklaring kan skyldes at de observerte treningsperiodene for U16 var lite representativt med normale treningsperioder. Periode 1 var påvirket av

restriksjoner tilknyttet koronavirusutbruddet, som gjorde det utfordrende å trene som normalt, mens periode 3 bestod av færre treningsaktiviteter for U16-spillerne enn U14-spillerne. Påvirkningen av koronavirusutbruddet gjaldt restriksjoner omkring treningshyppighet, men også strukturen i treningsinnholdet. For U14 sine treningsperioder, gjaldt ikke de samme restriksjonene slik at deres treningsperioder var mer representativt med normal treningsperiode. Dette belyses gjennom en større treningsvarighet i periode 1 og 3 for U14 enn for U16 ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Dermed kan man anta at U16 ville hatt større treningsbelastning dersom det hadde vært færre restriksjoner i periodene.

Det var ikke overraskende at U14-spillerne viste en lengre gjennomsnittlig relativ høyhastighetsløpsdistanse og viste trend til lengre relativ sprintdistanse enn U16-spillerne i dette prosjektet (tabell 4.3). Yngre spillere har tidligere vist å kunne arbeide oftere på hastigheter opp mot deres maksimale yteevne sammenlignet med eldre spillere i kamper (Al Haddad et al., 2015; Harley et al., 2010). Det kan ses i sammenheng med at raske sprintprestasjoner krever lengre restitusjonstid enn langsomme - antakeligvis som følge av en større andel type II muskelfibre der restitusjonsperioden av kreatinfosfat er lengre etter sprint (Bogdanis et al., 1995). Yngre og mindre spillere har også et større relativt baneareal og dekke i kamp sammenlignet med eldre og større spillere som følge av at kroppsstørrelsen er mindre i forhold til banestørrelsen (Al Haddad et al., 2015). Derfor er det logisk at yngre spillere kan ha større flater å dekke på trening som sannsynligvis kan tillate oftere aktivitet av høyere hastighet. I tillegg krever sannsynligvis yngre spillere en mindre sprintdistanse for å oppnå maksimal hastighet sammenliknet med eldre spillere (Buchheit et al., 2012), mens andre har forklart at raskere ungdomsspillere antakeligvis oppnår en mindre høyhastighetsløpsdistanse i kamper som følge av forbedret spillforståelse med alder omkring når man skal sprinte og ikke (Goto, 2012).

I gjennomgangen over viste U14-spillerne til en større treningsbelastning enn U16-spillerne som var i strid med det tidligere studier har sett hos ungdomsspillere. På den annen side belyste dette tidligere resultater knyttet til større høyhastighetsløpsdistanse for yngre spillere enn eldre spillere ved bruk av relative hastighetssoner. En viktig forklaring på forskjellene i treningsbelastning i dette prosjektet kan ses i sammenheng med en lengre treningsvarighet for U14-spillerne.



## **5.6 Forskjeller i treningsbelastning mellom perioder**

Ved undersøkelse av treningsperioder var treningsbelastningen til U14 større enn U16 i periode 1 og 3 for alle parametere med unntak av sprintdistanse og relativ sprintdistanse ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Muligens kan det skyldes at U14-laget i større grad trente som normalt enn U16-laget, gjenspeilet gjennom en lengre treningsvarighet i periodene ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3).

Ved periode 2 oppnådde U16 en større treningsbelastning enn U14 ved absolutt høyhastighetsløpsdistanse, sprintdistanse,  $\text{Playerload} \cdot \text{min}^{-1}$  og sRPE ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.3). Årsaken til dette skyldes sannsynligvis at fra periode 2 trente U16 utfra tilnærmet normal treningstilpasning, uten restriksjoner. Dermed oppnådde dem større treningsbelastning som var som forventet utfra det tidligere studier har rapportert (Hannon, Coleman et al., 2021; Hannon, Parker et al., 2021; Wrigley et al., 2012). En høyere intern treningsbelastning for U16 sammenlignet med U14 i periode 2 kan også indikere at treningsøktene opplevdes som hardere, men samtidig var også treningsvarigheten i periode 2 lengre for U16 enn U14, dog ikke signifikant.

Det var ikke overraskende at både U16-spillerne viste en lengre absolutt sprintdistanse enn U14-spillerne ( $p < 0,05$ ), og at U14-spillerne viste trend til lengre relativ sprintdistanse enn U16-spillerne i periode 2. Utfra det som har blitt diskutert var det logisk at U16-laget som også var de raskeste spillerne (tabell 4.1) ville ha lengre sprintdistanse gjennom en absolutt hastighetssoneinndeling. Ettersom yngre spillere oftere arbeider opp mot relativ maksimal hastighet (Al Haddad et al., 2015) var det forventet at U14-spillerne ville kunne oppnå en større relativ sprintdistanse.

I periode 3 er det mulig at inndeling til nye spillegrupper i forberedelse til 2021-sesongen kan ha påvirket treningsbelastningen. 2004-spillerne ( $n=11$ ) ble flyttet opp til U19-laget, mens 2006-spillerne ( $n=8$ ) ble flyttet opp til U16-laget. Disse spillerne trente derfra med eldre spillere, mens 2005-spillerne og 2007-spillerne trente med yngre spillere. Ettersom treningsbelastning tidligere har vist økning med aldersgrupper (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010; Goto & Saward, 2020; Harley et al., 2010; Saward et al., 2016) er det mulig at den nye inndelingen kan ha påvirket treningsbelastningen i periode 3 for spillerne.

## **5.7 Sammenheng mellom treningsbelastning og endring i fysisk form**

Endring i spenstprestasjon viste svak sammenheng med antall deselerasjoner for U14 ( $r=0,48$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.4). Det har blitt sett at eksentrisk treningsform muligens kan gi bedre effekt enn konsentrisk treningsform på utvikling av styrke og muskelmasse (Roig et al., 2009). Eksentriske muskelkontraksjoner kan også forbedre prestasjon under den konsentriske fasen av et plyometrisk arbeid som et spensthopp (Vogt & Hoppeler, 2014). I tillegg har muskelstyrke også vist god korrelasjon med spenstprestasjon tidligere ( $r=0,78$ ) (Wisløff et al., 2004). Ettersom eksentrisk arbeid vanligvis benyttes ved å bremse bevegelser var det tenkelig at U14-spillerne kan ha oppnådd en treningseffekt av deselerasjoner som kan ha vært fordelaktig for utvikling av spenst.

For U14 var totaldistanse og PlayerLoad positivt korrelert med endring i kraft og kraft/kg ( $p<0,05$ ), mens  $\text{PlayerLoad} \cdot \text{min}^{-1}$  viste moderat korrelasjon med endring i kraft ( $r=0,52$ ) ( $p<0,05$ ) (tabell 4.4). Ettersom totaldistanse tidligere har vist korrelasjon med IR1-prestasjon ( $r=0,65$ ) (Castagna et al., 2009) kan den muligens anses som en utholdenhetsparameter. Videre så en annen studie sterke korrelasjoner for totaldistanse med både PlayerLoad og  $\text{PlayerLoad} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $r=0,86-0,95$ ;  $r=0,87-0,95$ ) (Heishman et al., 2020). Derfor kan PlayerLoad og  $\text{PlayerLoad} \cdot \text{min}^{-1}$  også muligens anses som utholdenhetsparametere, selv om begge parameterne er akselerasjonsbaserte. Med dette utgangspunktet var det overraskende at totaldistanse, PlayerLoad og  $\text{PlayerLoad} \cdot \text{min}^{-1}$  var korrelert med muskelstyrke i dette prosjektet. Ettersom utholdenhet og muskelstyrke vanligvis er to motvirkende egenskaper (Wilson et al., 2012), og at utholdenhetsparameterne viste korrelasjon med endring i kraft, kan det tyde på at fremgangen i muskelstyrke kan skyldes andre faktorer enn trening. En mulig faktor kan være påvirkningen av vekst, som har ført til økt muskelstyrke for U14-spillerne. Ettersom studier også har sett at modning kan ses i sammenheng med totaldistanse (Goto, 2012; Goto et al., 2019), er det mulig at vekst var en konfunderende faktor for sammenhengene mellom utholdenhetsparameterne og endring i kraft for U14-spillerne i dette prosjektet.

sRPE var positivt korrelert med endring i kraft og kraft/kg ( $p<0,05$ ) for U14-spillerne. Ettersom sRPE tidligere har vist korrelasjon med både totaldistanse ( $r=0,80$ ) og PlayerLoad ( $r=0,84$ ) (B. Scott et al., 2013) var det ikke overraskende at alle tre

parameterne viste et liknende forhold her da alle var korrelert med endring i muskelstyrke. Ellers viste verken sRPE eller PlayerLoad korrelasjoner med andre endringer i fysisk form i dette prosjektet, som kan tyde på at denne belastningen i liten grad kan forklare endring av fysisk form i ungdomsårene.

Antall akselerasjoner registrert i treningsperioden var negativt korrelert med endring av IR1-prestasjon ( $r = -0,68$ ), men positivt med endring av relativ power ( $r = 0,58$ ) for U14-spillerne (tabell 4.4). Muskelstyrke kan ses på som en betydelig faktor for akselerasjon, hvor det krever stor kraftutvikling ved de første sprintstegene (Sleivert & Taingahue, 2004). I samme studie viste akselerasjon (5 m sprint tid) korrelasjon med både muskelstyrke ( $r = -0,59$ ) og power ( $r = -0,64$ ). Derfor var det ikke overraskende at det var negativ korrelasjon mellom akselerasjon og endring av utholdenhet med tanke på at utholdenhet og muskelstyrke har vist et motvirkende forhold (Wilson et al., 2012). Derfor var det rimelig at spillerne som har utført flest akselerasjoner på treningene har hatt størst utvikling i power i dette prosjektet.

U16-spillerne viste moderate sammenhenger for endring i relativ kraft med relativ høyhastighetsløpsdistanse ( $r = 0,58$ ) og relativ sprintdistanse ( $r = 0,72$ ) ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.4). I tillegg korrelerte også endring i kraft med relativ sprintdistanse for U16-spillerne ( $r = 0,65$ ) ( $p < 0,05$ ) (tabell 4.4). På den ene siden var det overraskende ettersom sprint og høyhastighetsløp krever kraftproduksjon ved større kontraksjonshastigheter enn det maksimal styrke krever (Jiménez-Reyes et al., 2018). Dermed kunne det tenkes at treningsadaptasjonen fra høyhastighetsløp og sprint kunne være mer gunstig for spesifikke hastighetsparametere som power og hurtighet enn muskelstyrke. På den andre siden var det som forventet fordi det tidligere har blitt vist til et nært forhold mellom muskelstyrke og hurtighet (Raastad et al., 2010; Wisløff et al., 2004). Derfor kan det antas at spillerne som har hatt størst endring i muskelstyrke kan ha hatt en bedre evne til å utføre flere høyhastighetsløp og sprint i dette prosjektet. Ettersom det ikke var noen sammenheng for høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse for U14-spillerne, kan det virke som om parameterne i større grad kan tilknyttes utvikling i muskelstyrke for eldre spillere enn for yngre. Likevel har modning vært relatert til både høyhastighetsløpsdistanse (Goto, 2012) og muskelstyrke (Grendstad et al., 2020; Hammami, Chaouachi et al., 2016; Meylan et al., 2014). Derfor kan man spekulere i om modning kan ha vært en konfunderende faktor for sammenhengen mellom

treningsbelastning og utvikling av fysisk form i dette prosjektet. Derimot så Goto (2012) ingen sammenheng mellom modning og høyhastighetsløpsdistanse for U15-U16-spillerne, slik at det også kan være mulig at sammenhengen mellom høyhastighetsløpsdistansen og endring i kraft kan være forklart av andre faktorer enn modning.

Det var overraskende at verken hurtighet eller agility kunne ses i sammenheng med treningsbelastning tatt i betraktning at begge egenskapene tidligere har vist stor påvirkning i treningsintervensjoner (Asadi et al., 2018; García-Pinillos et al., 2014; Jovanovic et al., 2011; Meylan & Malatesta, 2009; Ramírez-Campillo et al., 2015). Det var tenkelig at egenskapene hurtighet, akselerasjon og deselerasjon ville vise sammenheng med agility prestasjon etter hva som tidligere har blitt diskutert (Sheppard & Young, 2006; Raastad et al., 2010). Det var også forventet at hurtighet ville vise flere korrelasjoner med treningsbelastning ettersom studien til Castillo et al. (2020) så korrelasjoner med rask jogg (14-21 km/t) (10 m:  $r = -0,47$ ), sprintdistanse (>21 km/t) (10 m:  $r = -0,60$ , 30 m:  $r = -0,62$ ), høyintensive akselerasjoner (>4,0 m/s<sup>2</sup>) (10 m:  $r = -0,69$ , 30 m:  $r = -0,70$ ) og deselerasjoner (30 m:  $r = -0,45$ ).

Endring av hurtighet var riktignok studert fra test 3, så det er mulig at perioden kan ha vært for kort til at det kunne forekomme en tydelig treningseffekt. Samtidig var det trend til en negativ utvikling av hurtighet i dette prosjektet for begge ungdomslag (figur 4.1 c-d). Dermed var det ikke like overaskende at det ikke ble funnet noen sammenheng mellom hurtighet og treningsbelastning. Agility-resultatene på den annen side var studert fra test 4, men kan ha blitt påvirket av kulde (Carlson et al., 2017; Patterson et al., 2008). Derfor er det mulig at kuldepåvirkning kan ha ført til at det ikke ble påvist noen sammenhenger mellom treningsbelastning og endring i agility-prestasjon i dette prosjektet.

I tillegg var det overraskende at det var få sammenhenger mellom treningsbelastning og endring av spenst, absolutt og relativ power i dette prosjektet (tabell 4.4). Tidligere studier har vist treningsevne på spenstprestasjon gjennom mulig effekt av treningsmengde (Gissis et al., 2006; Grendstad et al., 2020; Mirkov et al., 2010; Murtagh et al., 2018; Wrigley et al., 2014), samt spesifikk trening (Asadi et al., 2018; Meylan & Malatesta, 2009; Ramírez-Campillo et al., 2015). Spenst har i tidligere studier

vist sammenheng med muskelstyrke (Wisløff et al., 2004) og hurtighet (Jiménez-Reyes et al., 2018), mens power har vært relatert til eksplosive parametere som akselerasjon og spenst (Cunningham et al., 2013; Riggs & Sheppard, 2009; Sleivert & Taingahue, 2004). Dermed var det tenkelig at akselerasjoner, deselerasjoner, PlayerLoad og HIA muligens ville vise korrelasjoner med spenst og power i dette prosjektet. I tillegg var det forventet at power og spenst kunne vist en relasjon med høyhastighetsløpsdistanse utfra hva tidligere studier har sett. Eksempelvis så Cunningham et al. (2013) relasjon mellom relativ power og flying-10 m sprint ( $r = -0,55$ ), mens andre studier så at høyhastighetsløpsdistanse (Buchheit, Mendez-Villanueva et al., 2010; Goto, 2012) var relatert til spenstprestasjon. Riktignok så Goto (2012) ingen sammenheng for U14-U16-spillerne i sin studie. Selv om spenst og hurtighet krever forskjellig teknisk utførelse kan likevel funksjonell evne til å utøve power og hastighet i et spenst hopp muligens sammenlignes med tilsvarende evne til utførelse i sprint (Hansen et al., 2011).

Endring av IR1-prestasjon viste få sammenhenger med treningsbelastning i dette prosjektet (tabell 4.4). Det var overaskende, ettersom IR1-prestasjon tidligere har vist sammenheng med totaldistanse ( $r = 0,65$ ) og høyintensiv aktivitet ( $>13$  km/t) ( $r = 0,77$ ) (Castagna et al., 2009). IR1-prestasjon har også vist korrelasjon med høyhastighetsløpsdistanse for U11-U13-spillere ( $r = 0,54$ ,  $p < 0,05$ ), men riktignok ikke for U14-U16-spillere (Goto, 2012). I tillegg viste Rebelo et al. (2014) at IR1-prestasjon var korrelert med tilbrakt tid i sprintsone ( $r = 0,63$ ) og høyintensiv aktivitet ( $r = 0,56$ ). Ettersom U14-spillerne viste større utvikling av IR1-prestasjon (figur 4.1 j), samt en større gjennomsnittlig treningsbelastning enn U16-spillerne (tabell 4.3), kunne man forvente at det ville blitt vist sammenhenger mellom endring i utholdenhet og treningsbelastning. I tillegg har forbedret aerob utholdenhet resultert i en lengre tilbakelagt totaldistanse og flere antall sprinter for junior fotballspillere i kamp (Helgerud et al., 2001), mens andre studier har også sett at utholdenhet muligens kan ses i sammenheng med trening (Carvalho et al., 2014; Grendstad et al., 2020). Derimot tyder andre studier på at trenbarheten av utholdenhet under vekstspurt er mindre enn for voksne (Dotan, 2017) som gjør det rimelig å anta at utholdenhetsfremgangen for U14-spillere i dette prosjektet også kan skyldes andre faktorer som forbedret arbeidsøkonomi, utnyttingsgrad og anaerob kapasitet (Landgraff et al., 2021).

I tillegg var det forventet at høyhastighetsløp, sprint, akselerasjoner, deselerasjoner og HIA ville korrelere med endring av flere styrkeparametere i dette prosjektet. Det var tenkelig at den type treningseffekt kunne gi muskeladaptasjoner som ville vært gunstige for større og raskere kraftutvikling. Trenden i dette prosjektet var at U14-spillerne viste flere sammenhenger mellom treningsbelastning og utvikling av fysisk form enn U16-spillerne. Antakeligvis kan det ses i sammenheng med at U16-spillerne viste en lavere gjennomsnittlig treningsbelastning enn U14-spillerne i dette prosjektet på grunn av restriksjoner i treningshverdagen tilknyttet koronavirusutbruddet. Under normale omstendigheter kunne det dermed tenkes at det ville blitt vist flere sammenhenger mellom treningsbelastning og endring i fysisk form for begge lag.

## **5.8 Begrensninger**

En begrensning med prosjektet var at koronavirusutbruddet påvirket en optimal datainnsamling. Koronavirusutbruddet førte til eksklusjon av analyser relatert til de fysiske testene ved testtidspunkt 1. I utgangspunktet var det ønskelig å undersøke endring i fysisk form fra test 1 til 4, men restriksjonsperioden fra mars til april førte til beslutning om å undersøke endring av fysisk form kun fra periode 2 til 4 for begge lag. I tillegg påvirket koronavirusutbruddet innsamlingsperiodene av treningsbelastning for begge lag. I utgangspunktet var det tiltenkt å ha fire perioder for begge lag for å få en bedre oversikt over treningsbelastning gjennom hele året, men koronavirusutbruddet førte til at det kun ble målt treningsbelastning i tre perioder. Koronavirusutbruddet påvirket også treningsperiodene til U16 gjennom mindre representative treningsperioder av normale treningshverdager. Samtidig var det nødvendig å måle treningsbelastning i restriktive perioder for å forsikre tre innsamlingsperioder for begge lag.

Koronavirusutbruddet påvirket også muligheter for å spille kamper slik at treningsperiodene i hovedsak bestod av internkamper med kortere varighet enn ordinære kamper.

En annen begrensning i dette prosjektet var standardisering av de fysiske testene. I enkelte av hurtighet- og agility-testene ble det benyttet forskjellig testsystem til tidsmåling. I tillegg ble det benyttet tre forskjellige kraftplattformer til test av spenst. I utgangspunktet skulle prosjektet benytte samme kraftplattform til testing av spenst, og Fitlight-systemet til test av hurtighet og agility, men utfordringer tilknyttet tilgjengelighet av testsystem gjorde det nødvendig for å kunne sikre seg om utførelse av

de fysiske testene. Selv om begge testsystemene viste god reliabilitet for tidsmåling i hurtighet og agility (Fitlight: ICC 0,83-0,97, Brower: ICC 0,81-0,97), samt ingen forskjell til måling av tid, var det likevel lite gunstig å benytte forskjellig utstyr med hensyn til standardisering. De fysiske testene var også påvirket av redusert standardisering omkring gjennomføring. U14-spillerne utførte styrketest 1 ved bilateral forflytningsevne fremfor unilateral. Det kan ha påvirket testresultatene, men eventuelle forskjeller ble vurdert som marginale slik at testresultatene fortsatt ble inkludert i prosjektet. Et annet feiltilfelle var tilknyttet testing av agility for U14-spillerne, hvor banestørrelsen var feilaktig ved test 3. Derfor ble også agility fjernet fra analysen som angikk endring av fysisk form i dette prosjektet. Derimot ble den inkludert i andre analyser som ikke tok utgangspunkt i test 3. I tillegg muliggjorde hurtighetstestene gjennom bruk av Fitlight-systemet to baneoppsett ved siden av hverandre. Derfor kan oppsettet muligens ha ført til økt motivasjon ettersom to spillere kan ha løpt side om side hverandre underveis i testen, som kan ha påvirket resultatene. De fysiske testene var også påvirket av redusert standardisering omkring testrekkefølge ved ett tilfelle som følge av utfordringer tilknyttet prioritering av tester i sesong. Ved manglende standardisering av testrekkefølge kan det ikke utelukkes at forskjellene i fysisk form kan skyldes standardisering fremfor fremgang. I tillegg ble løpstestene utført på forskjellige lokasjoner med påvirkning av vær- og vindforhold. I utgangspunktet skulle alle testene gjennomføres innendørs, men etter koronavirusutbruddet måtte alle løpstestene utføres utendørs. Derfor var sannsynligvis resultatene ved test 4 for begge ungdomslag påvirket av kulde, som også kan ha vært en avgjørende faktor for manglende forskjeller i endring av fysisk form i dette prosjektet.

Tilgjengeligheten av spillerne i prosjektet ble påvirket av skader, kretssamlinger og nasjonale samlinger. Dette førte til utsettelse av de fysiske testene ved test 3 for U14-spillerne som ble utført i en betydelig lengre periode etter test 2 enn U16-spillerne for å ha flere spillere tilgjengelig. Redusert tilgjengelighet påvirket også deltakelsesinkluderingen til de ulike analysene i prosjektet. Ved bruk av flere GPS-enheter i prosjektet er det mulig at det hadde blitt inkludert flere deltakere i prosjektet, som kunne styrket konklusjonene fra resultatene. I tillegg var inklusjonskriterium for ekstern belastning i dette prosjektet satt til ett frafall fra trening i uken. Dette kombinert med treningsuker med få aktiviteter, førte riktignok til større deltakelse for inklusjon i prosjektet, men samtidig ble endring i fysisk form sammenlignet med lav

treningsbelastning for enkelte spillere, som kan ha påvirket sammenhengene negativt. Ellers var sRPE innsamlet direkte etter øktene. Muligens burde innsamlingen blitt gjennomført 30 min etter økt for å unngå påvirkning av tung eller lett avslutning på økten (Foster et al., 2001). Beslutningen om å gjøre det direkte etter øktene ble likevel tatt for å kunne sikre seg innsamling av intern treningsbelastningsdata fra alle spillere.

En annen begrensning med dette prosjektet var at sammenligninger med hurtighetstestene tok utgangspunkt i test 3 fremfor test 4. Bakgrunnen for det var trend til negativ påvirkning av kulde ved test 4. Derfor kan perioden ha vært for kort til at det har forekommet utvikling av hurtighet mellom test 2 og 3, som muligens kan ha påvirket de manglende sammenhengene for hurtighet i dette prosjektet. I tillegg tok topphastigheten i dette prosjektet utgangspunkt i 10-30 m tid. Derimot kan det tyde på at topphastighet fra 20-30 m og/eller 30-40 m tid hadde vært en bedre metode for i større grad kunne estimere topphastighet hos ungdomsspillerne i samme aldersgruppe (Buchheit et al., 2012).

## **5.9 Praktiske betraktninger**

Dette prosjektet kan gi betydningsfull informasjon for trenere og personell som arbeider i ungdomsfotball. Det eksisterer allerede en rekke studier som har undersøkt utvikling av fysisk form i ungdomsfotball. Derimot finnes det få studier av norske ungdomsspillere i denne alderen som dette prosjektet har tatt for seg. Videre gav dette prosjektet nyttig informasjon omkring ekstern belastning i ungdomsfotball, som tidvis har vært begrenset. Riktignok finnes det nå en del studier som har undersøkt kampbelastning i ungdomsfotball, men det er et begrenset antall studier som har undersøkt treningsbelastning gjennom flere uker i ungdomsfotball. Derfor kan dette prosjektet være av stor relevans for kartlegging av treningsbelastning hos ungdomsspillere. Definitivt eksisterer det allerede en rekke studier som har undersøkt fysisk form i relasjon med ekstern belastning fra fotballkamp. Likevel etter det undertegnede vet, var dette den første studien som undersøkte utvikling i fysisk form i sammenheng med treningsbelastning over en sesong, som kan være interessant ved treningsplanlegging for ungdomsspillere.

Fremtidige studier burde ta hensyn til modning ved undersøkelse av treningsbelastning ettersom dette muligens var en konfunderende faktor i dette prosjektet. Prosjektet var



også utført under koronavirusutbruddet, og derfor bør fremtidige studier undersøke treningsbelastning i en fullkommen fotballsesong hvor det er større kontinuitet i trening og fotballkamper. Fremtidige studier burde også inkludere relative hastighetssoner for GPS fordi disse viste flere sammenhenger enn absolutte hastighetssoner for ungdomslagene. Etersom dette prosjektet viste flest sammenhenger mellom muskelstyrke og treningsbelastning, kan det tenkes at muskelstyrke kan være den fysiske egenskapen som kan utvikles mest gjennom større treningsbelastning hos ungdomsspillere. I tillegg kan det tenkes at sprint og høyhastighetsløp hos eldre spillere i større grad kan tilknyttes utvikling av muskelstyrke enn hos yngre spillere.

Ellers bør det vurderes om agility burde testes i en test av kortere varighet, når agility ikke korrelerte med noen treningsbelastningsparametere i dette prosjektet. Til slutt bør all fysisk testing standardiseres, selv om det kan være utfordrende omkring praktisk gjennomførelse og planlegging av dette underveis i fotballsesong.

## **5.10 Konklusjon**

Hensikten med dette prosjektet var å studere sammenhenger mellom endring i fysisk form og treningsbelastning for to mannlige ungdomslag i løpet av en fotballsesong. Til tross for forventet utvikling i høyde og vekt, var det få signifikante endringer i fysisk form for begge lag. U14-spillerne viste 4,2 % fremgang i kraft, mens U16-spillerne viste 5,3 % fremgang i spenst fra test 3 til test 4. Årsak til endringene skyldes antakeligvis påvirkning av vekst og modning for U14-spillerne, mens et utbytte av igangsatt styrketrening kan ha påvirket spenst positivt for U16. Det er imidlertid også mulig at en negativ utvikling av spenst fra test 2 til test 3, som følge av opphør av treningsaktivitet i sommerferien, kan ha påvirket endringen i spenst for U16-spillerne fra test 3 til test 4. Sammenlignet mellom lagene viste U14-spillerne større endring i spenst og IR1-prestasjon enn U16-spillerne. Antakeligvis kan det ses i sammenheng med en større vekst og et større fysisk utviklingspotensial for U14-spillerne i dette prosjektet. U16-spillerne viste en større forbedring av 10 m tid fra test 2 til test 3 sammenlignet med U14-spillerne som kan forklares av en mulig større muskelmasse, forbedret muskelaktivering eller vekst. Sammenhengene mellom endring i fysisk form var i samsvar med det tidligere forskning har vist, hvor endring i kraft var korrelert med endring i spenst for U14-spillerne og endring i 10 m tid for U16-spillerne. I tillegg var endring i kraft og kraft/kg negativt korrelert endring i IR1-prestasjon for U16-spillerne.

Begge ungdomslag viste flest sammenhenger mellom treningsbelastning og endring i muskelstyrke i beina. Derfor kan det tenkes at muskelstyrke kan være den fysiske egenskapen som i størst grad kan assosieres med større treningsbelastning hos ungdomsspillere. U14-spillerne viste korrelasjon for antall akselerasjoner vs endring i IR1-prestasjon og endring i relativ power, og antall deselerasjoner vs endring i spenst. I tillegg var det sammenheng mellom endring i muskelstyrke med høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse for U16-spillerne, mens denne sammenhengen ikke var tydelig for U14-spillerne. Dermed kan det tyde på at eldre ungdomsspillere kan forvente endring i muskelstyrke gjennom større treningsbelastning av høyhastighetsløpsdistanse og sprintdistanse. Flere studier er nødvendig for å belyse disse resultatene ytterligere.

U14-laget viste større treningsbelastning enn U16-laget for alle parametere med unntak av absolutt og relativ sprintdistanse. Dette kan ha påvirket at U14-spillerne også hadde flere sammenhenger mellom treningsbelastning og endring i fysisk form enn U16-spillerne. Det var overraskende at U14-spillerne viste en større treningsbelastning, men forskjellene kan delvis forklares av en lengre treningsvarighet for U14-spillerne også.

## 6. Referanser

- Alexandre, D., Diniz da Silva, C., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R. P., Bara Filho, M. G. B., Marins, J. J. C. B., Silami Garcia, E. & Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-906. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3182429ac7.
- Al Haddad, H., Simpson, B. M., Buchheit, M., Di Salvo, V. & Mendez-Villanueva, A. (2015). Peak match speed and maximal sprinting speed in young soccer players: effect of age and playing position. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 888-96. Doi: 10.1123/ijsp.2014-0539.
- Aquino, R., Vieira, L. H. P., Oliveira, L. P., Gonçalves, L. G. C. & Santiago, P. R. P. (2018). Relationship between field tests and match running performance in high-level young Brazilian soccer players. *J Sport Med Phys Fit*, 58(3), 256-62. Doi: 10.23736/S0022-4707.17.06651-8.
- Aragón-Vargas, L. F. (2000). Evaluation of Four Vertical Jump Tests: Methodology, Reliability, Validity, and Accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4(4), 215-228. Doi: 10.1207/S15327841MPEE0404\_2.
- Armstrong, N. & Welsman, J. (2019). Development of peak oxygen uptake from 11-16 years determined using both treadmill and cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol*, 119(3), 801-812. Doi: 10.1007/s00421-019-04071-3.
- Asadi, A., Ramirez-Campillo, R., Arazi, H. & Sáez de Villarreal, E. (2018). The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *J Sports Sci*, 36(21), 2405–11. Doi: 10.1080/02640414.2018.1459151.
- Bangsbo, J. (1992). Time and motion characteristics of competitive soccer. *Science and Football*, 6, 34-42.

- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports. *Sports Med*, 38(1), 37–51. Doi: 10.2165/00007256-200838010-00004.
- Bangsbo, J., Mohr, M. & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-74. Doi: 10.1080/02640410500482529.
- Barrett, S., Midgley, A. & Lovell, R. (2014). PlayerLoad™: reliability, convergent validity, and influence of unit position during treadmill running. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(6), 945-52. Doi: 10.1123/ijsp.2013-0418.
- Bassett, D. R., Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84. Doi: 10.1097/00005768-200001000-00012.
- Beunen., G. P., Rogol., A. D. & Malina, M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4\_suppl5), S244-S256. Doi: 10.1177/15648265060274S508.
- Bidaurrezaga-Letona, I., Carvalho, H. M., Lekue, J. A., Santos-Concejero, J., Figueiredo, A. J. & Gil, S. M. (2014). Longitudinal field test assessment in a Basque soccer youth academy: a multilevel modeling framework to partition effects of maturation. *Int J Sports Med*, 36(3), 234–40. Doi: 10.1055/s-0034-1385881.
- Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Amado, M., Santos-Concejero, J. & Gil, S. M. (2015). Identifying Talented Young Soccer Players: Conditional, Anthropometrical and Physiological Characteristics as Predictors of Performance. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 11(39), 79–95. Doi: 10.5232/ricyde2015.03906.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal

sprint cycling in man. *J Physiol*, 482 (Pt 2)(Pt 2), 467-80. Doi: 10.1113/jphysiol.1995.sp020533.

- Bona, C. C., Filho, H. T., Izquierdo, M., Ferraz, R. M. P. & Marques, M. C. (2017). Peak torque and muscle balance in the knees of young U-15 and U-17 soccer athletes playing various tactical positions. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(7-8), 923-929. Doi: 10.23736/S0022-4707.16.06458-6.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W. & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S2161-S2170. Doi: 10.1123/IJSPP.2017-0208.
- Boyd, L. J., Ball, K. & Aughey, R. J. (2011). The Reliability of MinimaxX Accelerometers for Measuring Physical Activity in Australian Football. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 311-21. Doi: 10.1123/ijsp.6.3.311.
- Brahim, M. B., Bougatfa, R. & Mohamed, A. (2013). Anthropometric and Physical Characteristics of Tunisians Young Soccer Players. *Advances in Physical Education*, 03(03), 125-130. Doi: 10.4236/ape.2013.33021.
- Brown, K. A., Patel, D. R. & Darmawan, D. (2017). Participation in sports in relation to adolescent growth and development. *Transl Pediatr*, 6(3), 150–159. Doi: 10.21037/tp.2017.04.03.
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res*, 22(2), 365-74. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181635b2e.
- Buchheit, M., Duché, P., Laursen, P. B. & Ratel, S. (2010). Postexercise heart rate recovery in children: relationship with power output, blood pH, and lactate. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(2), 142-50. Doi: 10.1139/H09-140.
- Buchheit, M., Lacombe, M., Cholley, Y. & Simpson, B. M. (2018). Neuromuscular Responses to Conditioned Soccer Sessions Assessed via GPS-Embedded

Accelerometers: Insights Into Tactical Periodization. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(5), 577-583. Doi: 10.1123/ijsp.2017-0045.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M. & Bourdon, P. C. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med*, 31(11), 818-25. Doi: 10.1055/s-0030-1262838.

Buchheit, M., Simpson, B. M., Peltola, E. & Mendez-Villanueva, A. (2012). Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 7(1), 76-8. Doi: 10.1123/ijsp.7.1.76.

Bush, M., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B. & Bradley, P. S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci*, 39(1), 1-11. Doi: 10.1016/j.humov.2014.10.003. Epub 2014 Nov 18.

Canhadas, I. L., Silva, R. L. P., Chaves, C. R. & Portes, L. A. (2010). Anthropometric and physical fitness characteristics of young male soccer players. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 12(4), 239-245. Doi: 10.5007/1980-0037.2010v12n4p239.

Carling, C. (2013). Interpreting physical performance in professional soccer match-play: should we be more pragmatic in our approach? *Sports Med*, 43(8), 655-63. Doi: 10.1007/s40279-013-0055-8.

Carlson, L. A., Fowler, C. & Lawrence, M. (2017). Agility And Vertical Jump Performances Are Impacted By Acute Cool Exposure. *J Strength Cond Res*, 33(6), 1648-1652. Doi: 10.1519/JSC.0000000000002129.

Carvalho, H. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Amado, M., Figueiredo, A. J. & Gil, S. M. (2014). Physical growth and changes in intermittent endurance run performance in young male Basque soccer players. *Res Sports Med*, 22(4), 408-24. Doi: 10.1080/15438627.2014.944301.

- Castellano, J., Casamichama, D., Calleja-González, J., Román, J. S. & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and Accuracy of 10 Hz GPS Devices for Short-Distance Exercise. *J Sports Sci Med*, 10(1), 233-234.
- Castagna, C., Impellizzeri, F., Cecchini, E., Rampinini, E. & Alvarez, J. C. B. (2009). Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(7), 1954-9. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b7f743.
- Castillo, D., Raya-González, J., Clemente, F. M., & Yanci, J. (2020). The Influence of Youth Soccer Players' Sprint Performance on the Different Sided Games' External Load Using GPS Devices. *Res Sports Med*, 28(2), 194–205. Doi: 10.1080/15438627.2019.1643726.
- Clemente, F. M., Ramirez-Campillo, R. & Sarmiento, H. (2021). Detrimental Effects of the Off-Season in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*, 51(4), 795-814. Doi: 10.1007/s40279-020-01407-4.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C. & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*, 22(1), 45-51. Doi: 10.1055/s-2001-11331.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R. & Doyle, T. L. A. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), 131-44. Doi: 10.1123/ijsp.3.2.131.
- Corso, M. (2018). Developmental changes in the youth athlete: implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *J Can Chiropr Assoc*, 62(3), 150-160.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C. & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*, 12(1), 79-84. Doi: 10.1016/j.jsams.2007.08.005.

- Cummins, C., Orr, R., O’Conner, H. & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med*, 43(10), 1025-42. Doi: 10.1007/s40279-013-0069-2.
- Cunha, G. S., Cumming, S. P., Valente-dos-Santos, J., Duarte, J. P., Silva, G., Dourado, A. C., Leites, G. T., Gaya, A. C., Reischak-Oliveira, A. & Coelho-e-Silva, M. (2017). Interrelationships among Jumping Power, Sprinting Power and Pubertal Status after Controlling for Size in Young Male Soccer Players. *Percept Mot Skills*, 124(2), 29–50. Doi: 10.1177/0031512516686720.
- Cunha, G. S., Lorenzi, T., Sapata, K., Lopes, A. L., Gaya, A. C. & Oliveira, A. (2011). Effect of biological maturation on maximal oxygen uptake and ventilatory thresholds in soccer players: an allometric approach. *J Sports Sci*, 29(10), 1029–39. Doi: 10.1080/02640414.2011.570775.
- Cunningham, D. J., West, D. J., Owen, N. J., Shearer, D. A., Finn, C. V., Bracken, R. M., Crewther, B. T., Scott, P., Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2013). Strength and power predictors of sprinting performance in professional rugby players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(2), 105-11.
- Delaney, J. A., Cummins, C. J., Thornton, H. R. & Duthie, G. M. (2018). Importance, Reliability, and Usefulness of Acceleration Measures in Team Sports. *J Strength Cond Res*, 32(12), 3485-3493. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001849.
- Deprez, D., Franssen, J., Boone, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. & Vaeyens, R. (2015). Characteristics of high-level youth soccer players: variation by playing position. *J Sports Sci*, 33(3), 243-54. Doi: 10.1080/02640414.2014.934707.
- De Ste Croix, M. B. A., Armstrong, N., Welsman, J. R. & Sharpe P. (2002). Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Ann Hum Biol*, 29(1), 50–62. Doi: 10.1080/03014460110057981.
- Di Salvo, V., Benito, P. J., Claderón, F. J., Di Salvo, M. & Pigozzi, F. (2008). Activity profile of elite goalkeepers during football match-play. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(4), 443-446.



- Di Salvo, V., Ramon, B., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F. & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci*, 28(14), 1489-94. Doi: 10.1080/02640414.2010.521166.
- Dotan, R. (2017). Children's Aerobic Trainability and Related Questions. *Res Q Exerc Sport*, 88(4), 377-383. Doi: 10.1080/02701367.2017.1371546.
- Duarte, J. P., Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Malina, R. M., Deprez, D., Philippaerts, R., Lenoir, M. & Vaeyens, R. (2018). Developmental Changes in Isometric Strength: Longitudinal Study in Adolescent Soccer Players. *Int J Sports Med*, 39(9), 688–95. Doi: 10.1055/s-0044-100389.
- Dunbar, G.M.J. & Power, K. (1997). Fitness profiles of English professional and semi-professional soccer players using a battery of field tests. I T. Reilly, J. Bangsbo & M. Hughes, (Red.), *Science and football 3* (s. 27-31). Routledge.
- Faude, O., Koch, T. & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-31. Doi: 10.1080/02640414.2012.665940.
- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J. & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol*, 36(1), 60–73. Doi: 10.1080/03014460802570584.
- Fitzpatrick, J. F., Hicks, K. M. & Hayes, P. R. (2018). Dose-Response Relationship Between Training Load and Changes in Aerobic Fitness in Professional Youth Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(10), 1365-1370. Doi: 10.1123/ijsp.2017-0843.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-15. Doi: 10.1519/00124278-200102000-00019.

- Francini, L., Rampinini, E., Bosio, A., Connolly, D., Carlomagno, D. & Castagna, C. (2019). Association Between Match Activity, Endurance Levels and Maturity in Youth Football Players. *Int J Sports Med*, 40(09), 576–84. Doi: 10.1055/a-0938-5431.
- Frost, G., Dowling, J., Dyson, K. & Bar-Or, O. (1997). Cocontraction in three age groups of children during treadmill locomotion. *J Electromyogr Kinesiol*, 7(3), 179-86. Doi: 10.1016/s1050-6411(97)84626-3.
- Gabbett, T. J. (2002). Physiological characteristics of junior and senior rugby league players. *Br J Sports Med*, 36(5), 334-9. Doi: 10.1136/bjism.36.5.334.
- Gabbett, T. J. (2015). Use of Relative Speed Zones Increases the High-Speed Running Performed in Team Sport Match Play. *J Strength Cond Res*, 29(12), 3353-9. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001016.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med*, 36(2), 133-49. Doi: 10.2165/00007256-200636020-00004.
- García-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E. J. & Latorre-Román, P. A. (2014). Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(9), 2452-60. Doi: 10.1519/JSC.0000000000000452.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G. & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *Int J Sports Med*, 34(11), 963-8. Doi: 10.1055/s-0033-1337943.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Strudwick, A. J., Hawkins, R. D., Alberti, G., Atkinson, G. & Gregson, W. (2015). Factors Influencing Perception of Effort (Session Rating of Perceived Exertion) During Elite Soccer Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(7), 860-4. Doi: 10.1123/ijsp.2014-0518.

- Gibson, N., Currie, J., Johnston, R. & Hill, J. (2013). Relationship between measures of aerobic fitness, speed and repeated sprint ability in full and part time youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(1), 9-16.
- Gil, S. M., Badiola, A., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Gravina, L., Santos-Concejero, J., Leuke, J. A. & Granados, C. (2014). Relationship between the relative age effect and anthropometry, maturity and performance in young soccer players. *J Sports Sci*, 32(5), 479-86. Doi: 10.1080/02640414.2013.832355.
- Gillen, Z. M., Shoemaker, M. E., McKay, B. D., Bohannon, N. A., Gibson, S. M. & Cramer, J. T. (2019). Muscle strength, size, and neuromuscular function before and during adolescence. *Eur J Appl Physiol*, 119(7), 1619-1632. Doi: 10.1007/s00421-019-04151-4.
- Gioldasis, A. & Bekris, E. (2014). Playing Position: Anthropometric and Fitness Demands in Youth Soccer. *Sport Science Review*, 23(3-4), 151-168. Doi:10.2478/ssr-2014-0009.
- Gissis, I., Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V. I., Sotiropoulos, A., Komsis, G. & Manolopoulos, E. (2006). Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. *Res Sports Med*, 14(3), 205–14. Doi: 10.1080/15438620600854769.
- Gjerset, A. (red.), Nilsson, J., Helge, J. W. & Enoksen, E. (2015). *Idrettens treningslære* (2.utgave). Norge: Gyldendal.
- Goto, H. (2012). *Physical development and match analysis of elite youth soccer players*. [Doktorgradsavhandling]. Loughborough University.
- Goto, H., Morris, J. G. & Nevill, M. E. (2019). Influence of Biological Maturity on the Match Performance of 8- to 16-Year-Old, Elite, Male, Youth Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 33(11), 3078-3084. Doi: 10.1519/JSC.0000000000002510.

- Goto, H. & Saward, C. (2020). The Running and Technical Performance of U13 to U18 Elite Japanese Soccer Players During Match Play. *J Strength Cond Res*, 34(6), 1564-1573. Doi: 10.1519/JSC.0000000000003300.
- Gravina, L., Gil, S. M., Ruiz, F., Zubero, J., Gil, J. & Irazusta, J. (2008). Anthropometric and physiological differences between first team and reserve soccer players aged 10-14 years at the beginning and end of the season. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1308–14. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31816a5c8e.
- Grendstad, H., Nilsen, A. K., Rygh, C. B., Hafstad, A., Kristoffersen, M., Iversen, V. V., Nybakken, T., Vestbøstad, M., Algrøy, E. A., Sandbakk, Ø. & Gundersen, H. (2020). Physical capacity, not skeletal maturity, distinguishes competitive levels in male Norwegian U14 soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 30(2), 254–63. Doi: 10.1111/sms.13572.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A. & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Front Neurosci*, 11:612. Doi: 10.3389/fnins.2017.00612.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S139-47. Doi: 10.1007/s40279-014-0253-z.
- Hammami, R., Chaouachi, A., Makhlouf, I., Granacher, U. & Behm, G. (2016). Associations Between Balance and Muscle Strength, Power Performance in Male Youth Athletes of Different Maturity Status. *Pediatr Exerc Sci*, 28(4), 521–34. Doi: 10.1123/pes.2015-0231.
- Hammami, M., Negra, Y., Aouadi, R., Shephard, R. J. & Chelly, M. S. (2016). Effects of an In-season Plyometric Training Program on Repeated Change of Direction and Sprint Performance in the Junior Soccer Player. *J Strength Cond Res*, 30(12), 3312-3320. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001470.
- Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R. J. & Chelly, M. S. (2017). Effects of leg contrast strength training on sprint, agility and repeated change of direction

- performance in male soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(11), 1424-1431. Doi: 10.23736/S0022-4707.17.06951-1.
- Hannon, M. P., Coleman, N. M., Parker, L. J. F., McKeown, J., Unnithan, V. B. Close, G. L., Drust, B. & Morton, J. P. (2021). Seasonal training and match load and micro-cycle periodization in male Premier League academy soccer players. *J Sports Sci*, 1-12. Doi: 10.1080/02640414.2021.1899610.
- Hannon, M. P., Parker, L. J. F., Carney, D. J., McKeown, J., Speakman, J. R., Hambly, C., Drust, B., Unnithan, V. B., Close, G. L. & Morton, J. P. (2021). Energy Requirements of Male Academy Soccer Players from the English Premier League. *Med Sci Sports Exerc*, 53(1), 200-210. Doi: 10.1249/MSS.0000000000002443.
- Hansen, L., Bangsbo, J., Twisk, J. & Klausen, K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *J Appl Physiol*, 87(3), 1141–47. Doi: 10.1152/jappl.1999.87.3.1141.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L. & Douglas, L. (2011). Do force-time and power-time measures in a loaded jump squat differentiate between speed performance and playing level in elite and elite junior rugby union players? *J Strength Cond Res*, 25(9), 2382-91. Doi: 10.1519/JSC.0b013e318201bf48.
- Harley, J. A., Barnes, C. A., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D. & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *J Sports Sci*, 28(13), 1391-7. Doi: 10.1080/02640414.2010.510142.
- Haugen, T., Tønnessen, E. & Seiler, S. (2015). Correction Factors for Photocell Sprint Timing With Flying Start. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(8), 1055-7. Doi: 10.1123/ijsp.2014-0415.
- Heishman, A., Peak, K., Miller, R., Brown, B., Daub, B., Freitas, E. & Bembem, M. (2020). Associations Between Two Athlete Monitoring Systems Used to Quantify External Training Loads in Basketball Players. *Sports (Basel)*, 8(3), 33. Doi: 10.3390/sports8030033.

- Hills, A. P. & Byrne, N. M. (2010). An overview of physical growth and maturation. *Med Sport Sci*, 55, 1-13. Doi: 10.1159/000321968.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U. & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-31. Doi: 10.1097/00005768-200111000-00019.
- Hoshikawa, Y., Iida, T., Muramatsu, M., Ii, N., Nakajima, Y., Chumank, K. & Kanehisa, H. (2013). Thigh muscularity and strength in teenage soccer players. *Int J Sports Med*, 34(05), 415–23. Doi: 10.1055/s-0032-1323780.
- Huxley, D. J., O'Connor, D. & Healey, P. A. (2014). An examination of the training profiles and injuries in elite youth track and field athletes. *Eur J Sport Sci*, 14(2), 185-92. Doi: 10.1080/17461391.2013.809153.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M. & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273. Doi: 10.1123/ijsp.2018-0935.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 36(6), 1042-7. Doi: 10.1249/01.mss.0000128199.23901.2f.
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M. & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*. 6, e5937. Doi: 10.7717/peerj.5937.
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J. Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *J Strength Cond Res*, 28(6), 1649-55. Doi: 10.1519/JSC.0000000000000323.

- Jones, A. B., Goldstein, H. & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *J Appl Physiol* (1985), 75(3), 1160-7. Doi: 10.1152/jappl.1993.75.3.1160.
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D. & Fiorenrini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1285-92. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d67c65.
- Kadlubowski, B., Keiner, M., Hartmann, H., Wirth, K. & Frick, U. (2019). The Relationship between Change of Direction Tests in Elite Youth Soccer Players. *Sports (Basel)*, 7(5), 111. Doi: 10.3390/sports7050111.
- Karahan, M. (2016). Age-related Physical Performance Differences in Male Soccer Players. *Anthropologist*, 24(3), 724–29. Doi: 10.1080/09720073.2016.11892068.
- Kawakami, Y., Akima, H., Kubo, K., Muraoka, Y., Hasegawa, H., Kouzaki, M., Imai, M., Suzuki, Y., Gunji, A., Kanehisa, H. & Fukunaga, T. (2001). Changes in muscle size, architecture, and neural activation after 20 days of bed rest with and without resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*, 84(1-2), 7-12. Doi: 10.1007/s004210000330.
- Kelly, S. J., Watsford, M. L., Austin, D. J., Spurrs, R. W., Pine, M. J. & Rennie, M. J. (2017). Differences in Physical Capacity Between Junior and Senior Australian Footballers. *J Strength Cond Res*, 31(11), 3059-3066. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001720.
- Krahenbuhl, G. S., Skinner, J. S. & Kohrt, W. M. (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev*, 13, 503-38.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K. & Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705. Doi: 10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32.erg

- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1165-74. Doi: 10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd.
- Kunz, P., Zinner, C., Holmberg, H. C. & Sperlich, B. (2019). Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players. *Front Physiol*, 10, 1383. Doi: 10.3389/fphys.2019.01383.
- Landgraff, H. W. & Hallén, J. (2020). Longitudinal Training-related Hematological Changes in Boys and Girls from Ages 12 to 15 yr. *Med Sci Sports Exerc*, 52(9), 1940-1947. Doi: 10.1249/MSS.0000000000002338.
- Landgraff, H. W., Riiser, A., Lihagen, M., Skei, M., Leirstein, S. & Hallén, J. (2021). Longitudinal changes in maximal oxygen uptake in adolescent girls and boys with different training backgrounds. *Scand J Med Sci Sports*, 31(Suppl 1), 65-72. Doi: 10.1111/sms.13765.
- Leatt, P., Shephard, R. J. & Plyley, M. J. (1987). Specific muscular development in under-18 soccer players. *J Sports Sci*, 5(2), 165-75. Doi: 10.1080/02640418708729774.
- Liebermann, D. G. & Katz, L. (2003). On the assessment of lower-limb muscular power capability. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(2), 87-94. Doi: 10.3233/IES-2003-0106.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Radnor, J. M., Rhodes, B. C., Faigenbaum, A. D. & Myer, G. D. (2015). Relationships between functional movement screen scores, maturation and physical performance in young soccer players. *J Sports Sci*, 33(1), 11-19. Doi: 10.1080/02640414.2014.918642.
- Lovell, R., Towson, C., Parkin, G., Portas, M., Vaeyens, R. & Cogley, S. (2015). Soccer Player Characteristics in English Lower-League Development Programmes: The



Relationships between Relative Age, Maturation, Anthropometry and Physical Fitness. *PLoS One*, 10(9):e0137238. Doi: 10.1371/journal.pone.0137238.

Luteberget, L. S., Holme, B. R. & Spencer, M. (2018). Reliability of Wearable Inertial Measurement Units to Measure Physical Activity in Team Handball. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(4), 467-473. Doi: 10.1123/ijsp.2017-0036.

Luteberget, L. S. & Spencer, M. (2017). High-Intensity Events in International Women's Team Handball Matches. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(1), 56-61. Doi: 10.1123/ijsp.2015-0641.

Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B. & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*. 91(5-6), 555-62. Doi: 10.1007/s00421-003-0995-z.

Malina, R. M., Reyes, M. E. P., Eisenmann, J. C., Horta, L., Rodrigues, J. & Miller, R. (2000). Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *J Sports Sci*, 18(9), 685-93. Doi: 10.1080/02640410050120069.

Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C. & Coutts, A. J. (2017). Unpacking the Black Box: Applications and Considerations for Using GPS Devices in Sport. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S218-S226. Doi: 10.1123/ijsp.2016-0236.

Malý, T., Zahálka, F., Hráský, P., Mala, L., Ižovská, J., Bujnovský, D., Dragijský, M. & Mihal, J. (2015). Age-related differences in linear sprint and power characteristics in youth elite soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(04), 857-63. Doi: 10.7752/jpes.2015.04132.

McKinlay, B. J., Wallace, P., Dotan, R., Long, D., Tokuno, C., Gabriel, D. A. & Falk, B. (2018). Effects of Plyometric and Resistance Training on Muscle Strength, Explosiveness, and Neuromuscular Function in Young Adolescent Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 32(11), 3039-50. Doi: 10.1519/JSC.0000000000002428.

- Mendez-Villanueva, A. (2012). Tactical Periodization: Mourinho's Best-kept secret? *Soccer NSCAA Journal*, 28-34.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E. & Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *J Sports Sci*, 29(5), 477–84. Doi: 10.1080/02640414.2010.536248.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simposn, B. & Bourdon, P. C. (2012). Match play intensity distribution in youth soccer. *Int J Sports Med*, 34(2), 101-10. Doi: 10.1055/s-0032-1306323.
- Methenitis, S. K., Zaras, N. D., Spengos, K. M., Stasinaki, A. N. E., Karampatsos, G. P., Georgiadis, G. V. & Terzis, G. D. (2016). Role of Muscle Morphology in Jumping, Sprinting, and Throwing Performance in Participants With Different Power Training Duration Experience. *J Strength Cond Res*, 30(3), 807-17. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001147.
- Meylan, C. M. P., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Hopkins, W. G. & Contreras, B. (2014). The effect of maturation on adaptations to strength training and detraining in 11-15-year-olds. *Scand J Med Sci Sports*, 24(3), 156–64. Doi: 10.1111/sms.12128.
- Meylan, C. & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2605-13. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b1f330.
- Mirkov, D. M., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Koprivica, V. J. & Jaric, S. (2010). Development of anthropometric and physical performance profiles of young elite male soccer players: a longitudinal study. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2677–82. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e27245.
- Mohr, M., Krustup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-28. Doi: 10.1080/0264041031000071182.

- Morin, J. B. & Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perform*, *11*(2), 267-72. Doi: 10.1123/ijsp.2015-0638.
- Mota, S., Brito, J., Passos, E., Marques, E., Mota, J., Seabra, A. & Rebelo, A. (2010). Variation of Isokinetic Strength and Bone Mineral Density in Youth Portuguese Soccer Players with Age. *The Open Sports Sciences Journal*, *3*(1), 49-51. Doi: 10.2174/1875399X01003010049.
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M. & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci*, *27*(2), 107-14. Doi: 10.1080/02640410802428071.
- Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B. & Erskine, R. M. (2018). Importance of Speed and Power in Elite Youth Soccer Depends on Maturation Status. *J Strength Cond Res*, *32*(2), 297–303. Doi: 10.1519/JSC.0000000000002367.
- Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Loturco, I., Rosseti, M., Moura, F. A. & Bradley, P. S. (2017). Repeated-Sprint Sequences During Female Soccer Matches Using Fixed and Individual Speed Thresholds. *J Strength Cond Res*, *31*(7), 1802-1810. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001659.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S. & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med*, *42*(12), 997-1015. Doi: 10.2165/11635270-000000000-00000.
- Nielsen, E. T., Jørgensen, P. B., Mechlenburg, I. & Sørensen, H. (2018). Validation of an inertial measurement unit to determine countermovement jump height. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, *16*, 8-13. Doi: 10.1016/j.asmart.2018.09.002.
- Nikolaidis, P. T. (2014). Age-Related Differences in Countermovement Vertical Jump in Soccer Players 8-31 Years Old: The Role of Fat-Free Mass. *American Journal of Sports Science and Medicine*, *2*(2), 60–64. Doi: 10.12691/ajssm-2-2-1.

- Patterson, S. M., Udermann, B. E., Scott, T. D. & Reineke, D. M. (2008). The effects of cold whirlpool on power, speed, agility, and range of motion. *J Sports Sci Med*, 7(3), 387-94.
- Paul, D. J. & Nassis, G. P. (2015). Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. *J Strength Cond Res*, 29(6), 1748-58. Doi: 10.1519/JSC.0000000000000807.
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Renterghem, B. V., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G. & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci*, 24(3), 221-30. Doi: 10.1080/02640410500189371.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R. & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal.
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S. & Lloyd, R. S. (2018). The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. *Sports Med*, 48(1), 57-71. Doi: 10.1007/s40279-017-0785-0.
- Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, C. M. P., Martínez, C., Álvarez, C., Caniuqueo, A., Cadore, E. L. & Izquierdo, M. (2015). Effect of Vertical, Horizontal, and Combined Plyometric Training on Explosive, Balance, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 29(7), 1784-95. Doi: 10.1519/JSC.0000000000000827.
- Rampinini, E., Alberti, G., Fiorenza, M., Riggio, M., Sassi, R., Borges, T. O. & Coutts, A. J. (2015). Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *Int J Sports Med*, 36(1), 49-53. Doi: 10.1055/s-0034-1385866.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J. & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport*, 12(1), 227-33. Doi: 10.1016/j.jsams.2007.10.002.

- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J. & Krstrup, P. (2014). Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *Eur J Sport Sci*, *14*(1), 148-56. Doi: 10.1080/17461391.2012.664171.
- Redden, J., Stokes, K. & Williams, S. (2018). Establishing the Reliability and Limits of Meaningful Change of Lower Limb Strength and Power Measures during Seated Leg Press in Elite Soccer Players. *J Sports Sci Med*, *17*(4), 539-546.
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A. & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci*, *18*(9), 695–702. Doi: 10.1080/02640410050120078.
- Reinke, S., Karhausen, T., Doehner, W., Taylor, W., Hottenrott, K., Duda, G. N., Reinke, P., Volk, H. D. & Anker, S. D. (2009). The influence of recovery and training phases on body composition, peripheral vascular function and immune system of professional soccer players. *PLoS One*, *4*(3), e4910. Doi: 10.1371/journal.pone.0004910.
- Requena, B., González-Badillo, J. J., Saez de Villareal, E. S., Ereline, J., García, I., Gapeyeva, H. & Pääsuke, M. (2009). Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *J Strength Cond Res*, *23*(5), 1391-401. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e88e.
- Riggs, M. P. & Sheppard, J. M. (2009). The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. *J Hum Sport Exerc*, *4*(3), 221-236. Doi: 10.4100/jhse.2009.43.04.
- Roe, G., Darrall-Jones, J., Black, C., Shaw, W., Till, K. & Jones, K. (2017). Validity of 10-HZ GPS and Timing Gates for Assessing Maximum Velocity in Professional Rugby Union Players. *Int J Sports Physiol Perform*, *12*(6), 836-839. Doi: 10.1123/ijsp.2016-0256.

- Rogol, A. D., Roemmich, J. N. & Clark, P. A. (2002). Growth at puberty. *J Adolesc Health, 31*(6 Suppl), 192-200. Doi: 10.1016/s1054-139x(02)00485-8.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B. & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med, 43*(8), 556-68. Doi: 10.1136/bjsm.2008.051417.
- Saward, C., Morris, J. G., Nevill, M. E, Nevill, A. M. & Sunderland, C. (2016). Longitudinal development of match-running performance in elite male youth soccer players. *Scand J Med Sci Sport, 26*(8), 933-42. Doi: 10.1111/sms.12534.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C. & Janse de Jonge, X. A. K. (2013). A Comparison of Methods to Quantify the In-Season Training Load of Professional Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perfrom, 8*(2), 195-202. Doi: 10.1123/ijsp.8.2.195.
- Scott, M. T. U., Scott, T. J. & Kelly, V. G. (2016). The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *J Strength Cond Res, 30*(5), 1470-90. Doi: 10.1519/JSC.0000000000001221.
- Scott, T. J., Black, C. R., Quinn, J. & Coutts, A. J. (2013). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: a comparison of the CR10 and CR100 scales. *J Strength Cond Res, 27*(1), 270-6. Doi: 10.1519/JSC.0b013e3182541d2e.
- Sheppard, J. M. & Young, W. B. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci, 24*(9), 919-32. Doi: 10.1080/02640410500457109.
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Haff, G. G., Dumke, C. C. L. S., Tufano, J. J. & Blazevich, A. J. (2016). Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. *Appl Physiol Nutr Metab, 41*(5):491-7. Doi: 10.1139/apnm-2015-0403.

- Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R. & Nassis, G. P. (2016). The Transition Period in Soccer: A Window of Opportunity. *Sports Med.* 46(3), 305-13. Doi: 10.1007/s40279-015-0419-3.
- Sleivert, G. & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 91(1), 46-52. Doi: 10.1007/s00421-003-0941-0.
- Stewart, P. F., Turner, A. N. & Miller, S. C. (2014). Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests. *Scand J Med Sci Sports*, 24(3), 500-6. Doi: 10.1111/sms.12019.
- Strøyer, J., Hansen, L. & Klausen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc*, 36(1), 168–74. Doi: 10.1249/01.MSS.0000106187.05259.96.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: and update. *Sports Med*, 35(6), 501-36. Doi: 10.2165/00007256-200535060-00004.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R. & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Med*, 48(4), 765-785. Doi: 10.1007/s40279-018-0862-z.
- Svensson, M. & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*. 23(6), 601-18. Doi: 10.1080/02640410400021294.
- Theodoropoulos, J. S., Bettle, J. & Kosy, J. D. (2020). The use of GPS and inertial devices for player monitoring in team sports: A review of current and future applications. *Orthop Rev (Pavia)*, 12(1). 7863. Doi: 10.4081/or.2020.7863.
- Tonson, A., Ratel, S., Le Fur, Y., Cozzone, P. & Bendahan, D. (2008). Effect of maturation on the relationship between muscle size and force production. *Med Sci Sports Exerc*, 40(5), 918-25. Doi: 10.1249/MSS.0b013e3181641bed.

- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Duarte, J., Pereira, J., Rebelo-Gonçalves, R., Figueiredo, A., Mazzuco, M. A., Sherar, L. B., Elferink-Gemser, M. T. & Malina, R. M. (2014). Allometric multilevel modelling of agility and dribbling speed by skeletal age and playing position in youth soccer players. *Int J Sports Med*, 35(9), 762-71. Doi: 10.1055/s-0033-1358469.
- Vänttinen, T., Blomqvist, M., Nyman, K. & Häkkinen, K. (2011). Changes in Body Composition, Hormonal Status, and Physical Fitness in 11-, 13-, and 15-Year-Old Finnish Regional Youth Soccer Players During a Two-Year Follow-Up. *J Strength Cond Res*, 25(12), 3342–51. Doi: 10.1519/JSC.0b013e318236d0c2.
- Vieira, L. H. P., Carling, C., Barbieri, F. A., Aquino, R. & Santiago, P. R. P. (2019). Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review. *Sports Med*, 49(2), 289-318. Doi: 10.1007/s40279-018-01048-8.
- Vogt, M. & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol (1985)*, 116(11), 1446-54. Doi: 10.1152/jappphysiol.00146.2013.
- Wiig, H., Andersen, T. E., Luteberget, L. S. & Spencer, M. (2020). Individual Response to External Training Load in Elite Football Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(5), 696-704. Doi: 10.1123/ijsp.2019-0453.
- Wik, E. H., Martínez-Silván, D., Farooq, A., Cardinale, M., Johnson, A. Bahr, R. (2020). Skeletal maturation and growth rates are related to bone and growth plate injuries in adolescent athletics. *Scand J Med Sci Sports*, 30(5), 894-903. Doi: 10.1111/sms.13635.
- Williams, C. A., Oliver, J. L. & Faulkner, J. (2011). Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a soccer youth academy. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(2), 264–75. Doi: 10.1123/ijsp.6.2.264.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P. & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of



aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2293-307. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d.

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-8. Doi: 10.1136/bjism.2002.002071.

Wong, P. L., Chamari, K., Dellal, A. & Wisløff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(4), 1204-10. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31819f1e52.

Wood, C. L., Lane, L. C. & Cheetham, T. (2019). Puberty: Normal physiology (brief overview). *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 33(3), 101265. Doi: 10.1016/j.beem.2019.03.001.

Wrigley, R. D., Drust, B., Stratton, G., Atkinson, G. & Gregson, W. (2014). Long-term soccer-specific training enhances the rate of physical development of academy soccer players independent of maturation status. *Int J Sports Med*, 35(13), 1090–94. Doi: 10.1055/s-0034-1375616.

Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M. & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *J Sports Sci*, 30(15), 1573-80. Doi: 10.1080/02640414.2012.709265.

Zarei, M., Abbasi, H., Daneshjoo, A., Barghi, T. S., Rommers, N., Faude, O. & Rössler, R. (2018). Long-term effects of the 11+ warm-up injury prevention programme on physical performance in adolescent male football players: a cluster-randomised controlled trial. *J Sports Sci*, 36(21), 2447-2454. Doi: 10.1080/02640414.2018.1462001.

Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., Sghaier, Z., Brughelli, M., Granacher, U. & Bideau, B. (2019). Effects of Neuromuscular Training on Agility Performance in Elite Soccer Players. *Front Physiol*, 10:947. Doi: 10.3389/fphys.2019.00947.

## 7. Tabelloversikt

**Tabell 3.1:** Deskriptiv data av ungdomslagene ved oppstart av prosjektet 18.januar. Spillere uten verdi for høyde og vekt ved 18.januar er inkludert med måleverdi fra sitt første registrerte testtidspunkt. Verdier er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik ..... 27

**Tabell 3.2:** Oversikt over antall treningsøkter og kamper i respektive innsamlingsperioder for U14 og U16 hvor ekstern belastning var målt. Internkamper er også medregnet i oversikten ..... 29

**Tabell 4.1:** Alder, antropometri og fysiske tester ved test 1-4 for begge ungdomslag. Antall deltakere (n) ved de ulike testtidspunktene er vist i parentes. Agility-test 1 og 3 for U14, og agility-test 1 for U16 er fjernet fra tabellen som følge av feil banestørrelse. Verdier er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik ..... 42

**Tabell 4.2:** Sammenheng mellom antropometri og fysiske testvariabler ved test 4 for begge ungdomslag. Testvariablene er uttrykt som prosentvis endring av test 2. Normalfordelt data er vist ved Pearsons r-verdi, mens skjevfordelt data (kursiv) er vist som Spearmans rho. Parentes indikerer antall deltakere (n) i de ulike korrelasjonsanalysene. Verdier for 10 m og 30 m er gjeldende fra test 3, som følge av kuldepåvirkning ved test 4..... 46

**Tabell 4.3:** Treningsbelastningsparametere ved tre påfølgende perioder for begge ungdomslag. Periodeverdier utgjør gjennomsnitt av total ukentlig treningsbelastning. Gjennomsnittsverdier til hvert lag utgjør gjennomsnitt av hver deltakers individuelle periodebelastning for de tre påfølgende periodene. Antall deltakere (n) i de ulike testperiodene er vist i parentes. Verdier er vist som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik ..... 48

**Tabell 4.4:** Sammenheng mellom endring av fysiske testvariabler med gjennomsnitt av treningsbelastning for begge ungdomslag. Fysiske testvariabler er uttrykt som prosentvis endring fra test 2 til 4. Normalfordelt data er vist ved Pearsons r-verdi, mens skjevfordelt data (kursiv) er vist som Spearmans rho. Parentes indikerer antall deltakere (n) i de ulike korrelasjonsanalysene. Verdier for 10 m og 30 m er gjeldende fra test 3 som følge av kuldepåvirkning ved test 4 ..... 50

## 8. Figuroversikt

**Figur 3.1:** Oversikt over en ordinær treningsuke for U14 (oransje) og U16 (blå) i fotballsesongen 2020. Dagene er inndelt i nærhet til kamp (M). M=match, +/- =antall dager i nærhet til/fra kamp..... 28

**Figur 3.2:** Tidslinje for ungdomslagene fra oppstart i januar til avslutning i desember 2020. U14 er vist som oransje farge og U16 som blå farge. Blokkene på oversiden av tidslinje indikerer innsamlingsperiode av treningsbelastning i tillegg til perioder ved opphør av treninger. Pilene på undersiden av tidslinje indikerer testdag av majoriteten av spillerne fra ungdomslagene. Gul pil markerer startperiode for sammenslåing av neste års ungdomslag..... 30

**Figur 3.3:** Illinois agility-test utført i dette prosjektet, vist gjennom løpsretning og avstander på figuren. Spillerne startet 20 cm bak startlinje..... 33

**Figur 4.1 a-j:** Endring i høyde (a), vekt (b), 10 m (c), 30 m (d), spenst (e), kraft (f), kraft/kg (g), power (h), power/kg (i) og IR1 (j) for begge ungdomslag. Verdier uttrykt som prosentvis endring av test 2. \*Signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ) mellom U14-laget og U16-laget. #Signifikant forskjell med testtidspunkt for samme lag..... 44

## 9. Forkortelser

|                      |                                      |
|----------------------|--------------------------------------|
| CoD                  | Change of Direction                  |
| CV                   | Coefficient of Variation             |
| GPS                  | Global Position System               |
| HIA                  | Høyintensive aksjoner                |
| IMU                  | Inertial Measurement Unit            |
| IR1                  | Intermittent Recovery level 1        |
| IR2                  | Intermittent Recovery level 2        |
| ICC                  | Intraclass Correlation Coefficient   |
| VO <sub>2 maks</sub> | Maksimalt oksygenopptak              |
| M                    | Match                                |
| RPE                  | Rating of Perceived Exertion         |
| sRPE                 | Session Rating of Perceived Exertion |
| SEM                  | Standard Error of Measurement        |
| TEE                  | Typical Error of Estimate            |
| TEM                  | Typical Error of Measurement         |
| U                    | Ungdomslag                           |

## 10. Vedlegg

- I. RPE-skala
- II. Prosjektbeskrivelse og samtykke
- III. Søknad til etisk komite
- IV. Meldeskjema for behandling av personopplysninger

## Vedlegg I – RPE-skala

| RPE | Kommentar  |
|-----|--|
| 1   | Alt annet enn hvile  |
| 2   | Føles som du kan trene i timevis, normal pustefrekvens (veldig lett økt)           |
| 3   |  |
| 4   | Føles som du kan trene i lange perioder, økt pustefrekvens (lett økt)              |
| 5   |  |
| 6   | Vanskeligere å trene i lange perioder, hurtig pustefrekvens (moderat økt)          |
| 7   |  |
| 8   | Begynner å bli ukomfortabelt, veldig hurtig pustefrekvens (tung økt)               |
| 9   |  |
| 10  | Føles umulig å fortsette, tung pustefrekvens, vanskelig å snakke (veldig tung økt) |

## Vedlegg II – Prosjektbeskrivelse og samtykke

### Vil du delta i forskningsprosjektet

### *”Utvikling av fysisk form og treningsbelastning i ungdomsfotball”?*

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvordan fysiske egenskaper utvikler seg i løpet av en fotballsesong. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for barnet ditt.

#### **Formål**

Gjennom ungdomsårene så er det mye som skjer med kroppen, blant annet så blir man i bedre fysisk form. Hvor fort og hvor mye man forbedrer sin fysiske form er forskjellig fra person til person, og vi vet i dag lite om hvor mye trening kan påvirke denne utviklingen for ungdommer i vekst. I dette prosjektet vil vi undersøke hvordan unge fotballspillere utvikler seg gjennom en hel sesong, og om vi kan se en sammenheng mellom utvikling i fysiske egenskaper og treningsbelastning. Både fysiske egenskaper og treningsbelastning vil bli målt igjennom sesongen. Informasjon om dette temaet kan være med å forbedre vår forståelse for hvordan man utvikler seg i fysisk form, som videre kan være med å forbedre måten vi trener på i ungdomsårene.

Dette forskningsprosjektet er en masteroppgave som skal gjennomføres på Norges idrettshøgskole i 2020/21. Masterstudent er Simen Haukås.

#### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Institutt for fysisk prestasjonsevne ved Norges idrettshøgskole er ansvarlig for prosjektet. Prosjektansvarlig er Live S. Luteberget og Truls Raastad. Det er masterstudent Simen Haukås som vil gjennomføre datainnsamling i dette prosjektet.

#### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Ditt barn blir kontaktet om deltagelse i prosjektet fordi han er en aktiv fotballspiller i Vålerenga på U14 eller U16 laget.

#### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Prosjektet innebærer det at deltagerne må møte opp til fysiske tester 4 ganger i løpet av sesongen. Utholdenhet, hurtighet og agility vil bli testet i regi av Vålerenga i deres treningstider, mens styrke og spenst vil bli testet på Norges idrettshøgskole, og krever ett ekstra oppmøte per gang.

I tillegg må deltagere ha på seg en GPS-enhet fire perioder i løpet av sesongen, der hver periode varer to uker. Deltagere må også etter hver økt gi en vurdering på hvor tung de synes treningen var (skala 1-10).

Mulige ulemper med deltakelsen i denne studien er at deltagere må sette av tid til testing og trening. Gjennomføring av fysiske tester og trening innebærer alltid en viss risiko for skader, men det er ingen grunn til å anta at skaderisikoen er høyere ved deltakelsen i denne studien enn i egen trening.

#### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du ønsker at barnet ditt skal delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om barnet ditt vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for barnet ditt hvis dere ikke vil delta eller senere velger å

trekke samtykket. Det vil for eksempel ikke påvirke spilletid eller forhold til treneren om dere velger å ikke være med i studien, eller om dere velger å trekke deg fra studien underveis.

### **Personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Informasjonen som registreres om barnet ditt skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Dere har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om barnet ditt og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Navnet på deltagere i prosjektet er det eneste direkte personidentifiserende opplysning som vil registreres. Navnet vil lagres separat fra dataene, og dermed er det kun en kode som knytter deltagerne til opplysninger gjennom en navneliste. Dette betyr at informasjonen er avidentifisert. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Det vil ikke være mulig å identifisere enkelte deltagere i resultatene av studien når disse publiseres

### **Hva skjer med opplysningene når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Prosjektet skal etter planen avsluttes 01.06.21. Vi er pliktet til å oppbevare data og separat navneliste i 5 år etter sluttdato for etterprøvnbarhet og kontroll av resultatene. Etter dette, altså 01.06.26, vil all data i prosjektet slettes.

### **Dine rettigheter**

Så lenge deltagere kan identifiseres i datamaterialet, har dere rett til:

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

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deltagere basert på deres samtykke.

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

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Norges idrettshøgskole ved prosjektansvarlig Live S. Luteberget, på e-post: [livesl@nih.no](mailto:livesl@nih.no) eller telefon: 40043516, eller masterstudent Simen Haukås på epost: [simen.haukas@hotmail.com](mailto:simen.haukas@hotmail.com), eller telefon: 47896088
- Vårt personvernombud: Karine Justad (epost: [personvernombud@nih.no](mailto:personvernombud@nih.no))
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Live S. Luteberget  
*Prosjektansvarlig*

Simen Haukås  
*Masterstudent*



# Samtykkeerklæring

## Foresattes samtykke

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Utvikling av fysisk form og treningsbelastning i ungdomsfootball*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- at mitt barn kan delta i prosjektet som er beskrevet ovenfor
- at mitt barns opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet 01.06.21, og at dataene kan lagres frem til 01.06.2026 for etterprøvnbarhet og kontroll av resultatene

-----  
(Signert av foresatte, dato)

-----  
(Fullt navn på barnet)

## Vedlegg III – Søknad til etisk komite

Live S. Luteberget  
Institutt for fysisk prestasjonsevne

OSLO 17. mars 2020

### Søknad 133 -120320 – Utvikling av fysisk form og treningsbelastning i ungdomsfotballen

Vi viser til søknad, prosjektbeskrivelse, informasjonsskriv, innsendt melding til NSD, vedtak fra etisk komite datert 13.3.2020 og informasjon mottatt 16.3.2020.

I henhold til retningslinjer for behandling av søknad til etisk komite for idrettsvitenskapelig forskning på mennesker, har komiteen konkludert med følgende:

#### Vurdering

Komiteen er etter komitemøte informert om at det omsøkte prosjekt er en pilotstudie knyttet opp til et mastergradsprosjekt. Komiteen vil på generelt grunnlag bemerke at dette er en opplysning som komiteen forventer at kommer tydelig frem i både søknadsskjemaet og forskningsprotokollen. Med bakgrunn i den nye informasjonen, herunder at pilotprosjekt er avgrenset til et masterprosjekt med begrenset tid til rådighet, vurderer komiteen det som etisk forsvarlig at kun gutter er inkludert. Det forutsettes imidlertid at jenter blir inkludert i hovedprosjektet og at dette klargjøres i ny søknad til komiteen og med tilsvarende oppdatering av forskningsprotokoll. For angjeldende pilotstudie ber komiteen om at forskningsprotokollen oppdateres med begrunnelse for hvorfor utelukkende gutter inkluderes og at protokollen sendes til komiteen til orientering.

#### Vedtak

*På bakgrunn av forelagte dokumentasjon finner komiteen at prosjektet er forsvarlig og at det kan gjennomføres innenfor rammene av anerkjente etiske forskningssetiske normer nedfelt i NIHs retningslinjer. Til vedtaket har komiteen lagt følgende forutsetning til grunn:*

- *At forskningsprotokollen oppdateres*
- *Vilkår fra NSD følges*

Komiteen gjør oppmerksom på at vedtaket er avgrenset i tråd med fremlagte dokumentasjon. Dersom det gjøres vesentlige endringer i prosjektet som kan ha betydning for deltakernes helse og sikkerhet, skal dette legges fram for komiteen før eventuelle endringer kan iverksettes.

Med vennlig hilsen  
Professor May Arna Risberg  
Nestleder, Etisk komite, Norges idrettshøgskole

May Arna Risberg

**NIH** NORGES  
IDRETTSHØGSKOLE

Besøksadresse: Sognsveien 220, Oslo  
Postadresse: Pb 4014 Ullevål Stadion, 0806 Oslo  
Telefon: +47 23 26 20 00, [postmottak@nih.no](mailto:postmottak@nih.no)  
[www.nih.no](http://www.nih.no)

# Vedlegg IV – Meldeskjema for behandling av personopplysninger

4/26/2021

Meldeskjema for behandling av personopplysninger



## NSD sin vurdering

### Prosjekttittel

Utvikling av fysisk form og treningsbelastning i ungdomsfotball

### Referansenummer

825459

### Registrert

27.02.2020 av Live Steinnes Luteberget - livesl@nih.no

### Behandlingsansvarlig institusjon

Norges idrettshøgskole / Institutt for fysisk prestasjonsevne

### Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Live S. Luteberget, livesl@nih.no, tlf: 40043516

### Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

### Kontaktinformasjon, student

Simen Haukås, simen.haukas@hotmail.com, tlf: 47896088

### Prosjektperiode

23.03.2020 - 30.06.2021

### Status

30.03.2020 - Vurdert

### Vurdering (1)

---

#### 30.03.2020 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den 30.03.2020 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

#### MELD VESENTLIGE ENDRINGER

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

[https://nsd.no/personvernombud/meld\\_prosjekt/meld\\_endringer.html](https://nsd.no/personvernombud/meld_prosjekt/meld_endringer.html)

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

<https://meldeskjema.nsd.no/vurdering/5e5684f9-7bb7-4b43-8b01-95ce6a2a9fc3>

1/2

**TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET**

Prosjektet vil behandle særlige kategorier av personopplysninger om helse og alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 30.06.2021. Data med personopplysninger oppbevares til 30.06.2026 internt ved behandlingsansvarlig institusjon for dokumentasjonshensyn.

**LOVLIG GRUNNLAG**

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

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

**PERSONVERNPRINSIPPER**

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

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

**DE REGISTRERTES RETTIGHETER**

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

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

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

**FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER**

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

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

**OPPFØLGING AV PROSJEKTET**

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

Lykke til med prosjektet!

Kontaktperson hos NSD: Karin Lillevold  
Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)