

Jørn Erik Strand

---

## Er knekontroll i frontalplanet under en ettbens knebøy assosiert med økt risiko for fremre korsbåndskade

En todimensjonal (2D) videoanalyse av kvinnelige  
eliteutøvere i håndball og fotball

---

Masteroppgave i idrettsfysioterapi  
Seksjon for idrettsmedisinske fag  
Norges idrettshøgskole, 2019

---



## Sammendrag

**Bakgrunn:** Økende forekomst av fremre korsbåndskade (ACL) hos kvinner har økt behovet for å undersøke faktorer som kan medføre forhøyet skaderisiko. Spesifikke bevegelsesmønstre, som dynamisk knevalgus, har blitt foreslått å øke risiko for en ACL-skade. Assosiasjoner mellom frontalplans knevalgus i tobens fallhopp og skaderisiko har blitt vist, men det har senere blitt avkreftet. Kartlegging av risikofaktorer vil være viktig i utviklingen av effektive skadeforebyggende programmer.

**Formål:** Undersøke potensielle assosiasjoner mellom variablene frontalplans projeksjonsvinkel, medial kneposisjon og lateral bekkentilt i en ettbens knebøy og økt risiko for ACL-skade hos norske kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball.

**Metode:** Norske kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball deltok i kartlegging før hver sesong fra 2007 til 2014. Testingen inkluderte en 2D-videoanalyse av en ettbens knebøy. En predefinert statistisk protokoll ble benyttet, som inkluderte frontalplans projeksjonsvinkel, medial kneposisjon og lateral bekkentilt i tre separate multivariate logistiske regresjonsanalyser med en ny ACL-skade som utfallsmål. Analysene ble justert for faktorene høyde, vekt, bendominans, idrett og tidligere ACL-skade, hvor antall ben ble benyttet som enhet. En uavhengig t-test ble benyttet for å sammenligne variablene i ACL-skadet og uskadet ben. For å kartlegge forskjeller i variablene mellom dominant og ikke-dominant ben innad hos skadet og uskadet gruppe, ble en paret t-test benyttet.

**Resultat:** Totalt ble 629 utøvere inkludert i analysene, hvorav 51 nye ikke-kontakt ACL-skader ble registrert. Det ble ikke funnet assosiasjoner mellom økt risiko for senere ACL-skade og frontalplans projeksjonsvinkel, medial kneposisjon (OR = 0,74, 95 % KI = 0,52-1,07) eller lateral bekkentilt (OR = 0,89, 95 % KI = 0,69-1,15) i en ettbens knebøy. Tidligere ACL-skade var den eneste faktoren assosiert med økt risiko for en ny ACL-skade (OR = 3,6, 95 % KI = 1,72-7,54). Det var ingen forskjell mellom benene med og uten en ACL-skade i variablene justert for idrett ( $p > 0,05$ ).

**Konklusjon:** Knevalgus målt ved; frontalplans projeksjonsvinkel, medial kneposisjon eller lateral bekkentilt i en ettbens knebøy vurdert med en 2D-videoanalyse, kunne ikke assosieres med forhøyet risiko for en ACL-skade. Utøvere med tidligere ACL-skade hadde 3,6 ganger høyere odds for en ny ACL-skade. Funnene indikerer at vurdering av frontalplans knekontroll i en ettbens knebøy ikke kan benyttes for å kartlegge kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball med økt risiko for en ACL-skade.

# Innholdsfortegnelse

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Innholdsfortegnelse .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Forord.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1. Bakgrunn .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1.1 Formål med prosjektet.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>1.2 Hypoteser .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2. Teori .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.1 Forekomst av fremre korsbåndsskade (ACL) i håndball og fotball .....</b> | <b>11</b> |
| <b>2.2 Senkomplikasjoner ved ACL-skade.....</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>2.3 Skademekanisme ved ikke-kontakt ACL-skade .....</b>                      | <b>12</b> |
| <b>2.4 Forebygging av ACL-skade .....</b>                                       | <b>14</b> |
| <b>2.5 Risikofaktorer for en ACL-skade .....</b>                                | <b>15</b> |
| 2.5.1 Biomekaniske risikofaktorer .....   | 17        |
| 2.5.2 Bendominans som risikofaktor .....  | 20        |
| 2.5.3 Tidligere ACL-skade som risikofaktor .....                                | 21        |
| <b>2.6 Kartlegging av risikofaktorer .....</b>                                  | <b>21</b> |
| 2.6.1 Ettbens knebøy som kartleggingstest av biomekaniske risikofaktorer.....   | 21        |
| 2.6.2 Validitet og reliabilitet av ettbens knebøy ved 2D-videoanalyse .....     | 22        |
| <b>2.7 Biomekaniske variabler for vurdering av ACL-skaderisiko .....</b>        | <b>23</b> |
| 2.7.1 Medial kneposisjon (MKP) .....  | 24        |
| 2.7.2 Frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) .....                               | 24        |
| 2.7.3 Lateral bekkentilt (LBT) .....  | 25        |
| <b>3. Metode .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.1 Studiedesign .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>3.2 Utvalg.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.3 Kartleggingstestene.....</b>   | <b>26</b> |
| 3.3.1 Ettbens knebøy .....  | 27        |
| <b>3.4 Videoanalyse.....</b>  | <b>28</b> |
| 3.4.1 Prosedyre for 2D-videoanalyse.....  | 29        |
| 3.4.2 Prosessen for 2D-videoanalyse .....                                       | 30        |
| 3.4.3 Standardisering av metode .....   | 31        |
| 3.4.4 Reliabilitetsanalyse.....   | 32        |
| 3.4.5 Kalkulering av variablene ved 2D-videoanalyse.....                        | 32        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.5       | <b>Statistisk protokoll</b> .....   | <b>35</b> |
| 3.6       | <b>Skaderegistrering</b> .....  | <b>38</b> |
| 3.7       | <b>Etiske aspekter</b> .....  | <b>38</b> |
| 3.8       | <b>Oppbevaring av data</b> .....  | <b>38</b> |
| <b>4.</b> | <b>Resultater</b> .....   | <b>39</b> |
| 4.1       | <b>Spillerkarakteristika og skadehistorikk</b> .....                      | <b>39</b> |
| 4.2       | <b>Differanse mellom forsøkene i variablene FPPV, MKP og LBT</b> .....    | <b>40</b> |
| 4.3       | <b>Korrelasjon mellom variablene FPPV, MKP og LBT</b> .....               | <b>41</b> |
| 4.4       | <b>Univariate risikoanalyser</b> .....                                    | <b>41</b> |
| 4.4.1     | Demografiske data og skadehistorikk .....                                 | 41        |
| 4.4.2     | Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom ACL-skadede og uskadede ben .....   | 42        |
| 4.4.3     | Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben ..... | 43        |
| 4.5       | <b>Multivariate risikoanalyser</b> .....                                  | <b>45</b> |
| <b>5.</b> | <b>Diskusjon</b> .....  | <b>46</b> |
| 5.1       | <b>Frontalplans knevalgus og økt risiko for ACL-skade</b> .....           | <b>46</b> |
| 5.2       | <b>Lateral bekkentilt og økt risiko for ACL-skade</b> .....               | <b>50</b> |
| 5.3       | <b>Bendominans og økt risiko for ACL-skade</b> .....                      | <b>52</b> |
| 5.4       | <b>Skadehistorikk og økt risiko for ACL-skade</b> .....                   | <b>53</b> |
| 5.5       | <b>Metodiske betraktninger</b> .....                                      | <b>54</b> |
| 5.5.1     | Studiedesign .....  | 54        |
| 5.5.2     | Utvalg .....  | 55        |
| 5.5.3     | Analyseteam .....   | 55        |
| 5.5.4     | Kartleggingstest og 2D-videoanalyse .....                                 | 56        |
| 5.5.5     | Testprosedyre .....   | 57        |
| 5.5.6     | Valg av biomekaniske variabler .....                                      | 60        |
| 5.5.7     | Valg av statistiske metoder .....   | 60        |
| 5.6       | <b>Videre forskning</b> .....   | <b>62</b> |
| <b>6.</b> | <b>Konklusjon</b> .....   | <b>63</b> |
|           | <b>Referanser</b> .....   | <b>64</b> |
|           | <b>Tabelloversikt</b> .....   | <b>85</b> |
|           | <b>Figuroversikt</b> .....  | <b>86</b> |
|           | <b>Forkortelser</b> .....   | <b>87</b> |
|           | <b>Vedlegg</b> .....  | <b>88</b> |

## Forord

Jeg vil først og fremst takke for at jeg har fått benytte meg av datamaterialet fra den prospektive kohorten som undersøkte risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball. Jeg har selv vært med som prosjektmedarbeider i denne kohorten, og jeg har fått bevitne hvilket krevende arbeid som er lagt ned. Det står stor respekt av den jobben som er gjort i forkant slik at min oppgave kunne bli til.

En stor takk må rettes til mine to dyktige veiledere Agnethe Nilstad, fysioterapeut med PhD og Tron Krosshaug, professor ved Seksjon for idrettsmedisinske fag ved Norges Idrettshøgskole. Takk for deres oppmuntrende ord, konstruktive tilbakemeldinger, gode humør og ikke minst deres tilgjengelighet. Jeg har både startet og avsluttet min studieperiode med dere, gjennom først bachelorgrad og nå min mastergrad. Det har vært en sann ære å få jobbe med dere, lære og ta del i deres arbeid!

Det må også rettes en stor takk til analyseteamet fra begge perioder med videoanalyser; Maya Rosvoll, Stein By Strømnes, Sólveig Þórarinsdóttir, Bettina Haueisen, Camilla Christensen og Agnethe Nilstad. I tillegg takk til Morten W. Fagerland for statistiske råd.

Takk til mine venner for oppmuntrende samtaler og sosiale avbrekk. Jeg vil også takke mine medstudenter for to fine år i masterprogrammet for idrettsfysioterapi. I dere har jeg fått venner for livet. En spesiell takk må rettes til min prosjektmedarbeider, medstudent og venn Camilla Christensen. Med deg har analysene gått som en lek. Takk for utallige samtaler og diskusjoner og gjort en lang prosess overkommelig.

Videre må jeg takke mine gode venner Birte Seland Sundsdal og Nina Erga Skjeseth for innspill, korrekturlesning og oppmuntrende tilbakemeldinger.

Til slutt må jeg også takke min unike familie. I et slikt langsiktig arbeid har dere hjulpet en ellers utålmodig sjel med råd, tips, tålmodighet og ikke minst mat på bordet i en ellers tøff studiehverdag. Setter stor pris på all hjelp dere har gitt meg!

Jørn Erik Strand

Oslo, Mai 2019

# 1. Bakgrunn

Håndball og fotball har blitt assosiert med høy forekomst av muskel- og skjelettskader i underekstremitetene hos kvinner (Clausen et al., 2014). Majoriteten av disse har blitt rapportert å være ankel og kneskader (Hagglund, Walden, & Ekstrand, 2009; Nilstad, Andersen, Bahr, Holme, & Steffen, 2014; Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2006). Kvinnelig deltakelse i lagidretter generelt har de siste årene vært stigende og medført økt forekomst av ikke-kontakt fremre korsbåndskade (ACL) (Laible & Sherman, 2014). Forekomsten av en ACL-skade har i enkelte idretter blitt vist å være to til åtte ganger høyere hos kvinner enn hos menn (Gould, Hooper, & Strauss, 2016; Grimm, Jacobs, Kim, Denney, & Shea, 2015; Myklebust, Maehlum, Holm, & Bahr, 1998; Walden, Hagglund, Werner, & Ekstrand, 2011). En ACL-skade medfører potensielt store konsekvenser for utøveren, med et langt skadeavbrekk og på lang sikt økt risiko for redusert knefunksjon, vedvarende smerter og tidlig kneartrose (Lohmander, Englund, Dahl, & Roos, 2007; Myklebust & Bahr, 2005; Myklebust, Bahr, Nilstad, & Steffen, 2017; Tengman et al., 2014).

For å kunne kartlegge utøvere med økt risiko for ACL-skade og samtidig utvikle et skadeforebyggende treningsprogram, er det viktig å ha en forståelse for både mekanismen og risikofaktorene for en skade (Bahr & Krosshaug, 2005). En ACL-skade har blitt beskrevet å være multifaktoriell, hvor både indre og ytre faktorer antas å være medvirkende (Meeuwisse, Tyreman, Hagel, & Emery, 2007). Videoanalyser av ACL-skader har antydnet at dynamisk knevalgus er en medvirkende faktor i skademekanismen (Brophy, Stepan, Silvers, & Mandelbaum, 2015; Koga et al., 2010; Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2004; Walden et al., 2015) og har blitt definert som en kombinasjon av adduksjon og innadrotasjon i hoften, knevalgus og utadrotasjon i tibia (Krosshaug et al., 2007). Skadeforebyggende programmer med nevro-muskulære og plyometriske komponenter, i tillegg til fokus på nevro-muskulær kontroll i trunkus, hoften og underekstremitetene har vist seg å være effektive for å forebygge ACL-skader (Mandelbaum et al., 2005; Myklebust et al., 2003; Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2005; Walden, Atroshi, Magnusson, Wagner, & Hagglund, 2012). Forebyggende trening kan potensielt redusere risikoen for en ACL-skade med omtrent 50 % hos kvinnelige utøvere (Myer, Sugimoto, Thomas, & Hewett, 2013; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016). Dette tyder på at vurdering av frontalplans knekontroll i idrettsspesifikke oppgaver bør prioriteres når man undersøker faktorer som kan medføre økt risiko for en ACL-skade.

Hensikten med en kartleggingstest er å identifisere utøvere med forhøyet risiko ved å adressere modifiserbare faktorer (Bahr, 2016). Med viten om at majoriteten av ACL-skadene i håndball og fotball skjer når belastningen primært er distribuert til ett ben (Olsen et al., 2004; Walden et al., 2012), kan en ettbenstest være fordelaktig i kartleggingen av biomekaniske risikofaktorer (Munro, Herrington, & Comfort, 2017). Det har også blitt vist at testene, tobens fallhopp og ettbens knebøy, fanger opp forskjellige utøvere med redusert frontalplans knekontroll (Stensrud, Myklebust, Kristianslund, Bahr, & Krosshaug, 2011). Frontalplans knevalgus i en ettbens knebøy har vist å ikke kunne predikere skade i underekstremitetene hos yngre utøvere (Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Foreløpig er det ikke evidens for om en ettbens knebøy-test kan avdekke assosiasjoner mellom biomekaniske variabler og økt risiko for en ACL-skade.

Tre-dimensjonal (3D) bevegelsesanalyse har blitt betraktet som ”gullstandarden” ved kartlegging av kinematikk og kinetikk i underekstremitetene. Denne metoden er imidlertid ikke hensiktsmessig å benytte på større populasjoner, siden den er dyr og tidkrevende (McLean et al., 2005). En to-dimensjonal (2D) analyse av ettbens knebøy har vist seg å være en kostnadseffektiv og reliabel metode for å måle frontalplans knevalgus (Munro, Herrington, & Carolan, 2012). Studier har vist en sterk korrelasjon mellom 2D frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) og 3D kneabduksjonsvinkel og mellom 2D og 3D hofteadduksjon i ettbens knebøy (Herrington, Alenezi, Alzhrani, Alrayani, & Jones, 2017). En 2D-videoanalyse kan derfor være et fordelaktig og klinisk nyttig alternativ til en 3D-analyse i kartlegging av faktorer som kan medføre økt risiko for ACL-skade. Posisjonering og bevegelser av segmenter proksimalt for kneet kan plassere kneleddet i en posisjon med økt risiko for ACL-skade (Shultz et al., 2015). Lateral bekkentilt (LBT) har derfor blitt inkludert som mål på frontalplans knekontroll, i tillegg til variablene frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) og medial kneposisjon (MKP).

Bevegelsesmønstre i idrettsspesifikke situasjoner har blitt antatt å være en avgjørende faktor for ACL-skade (Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). For å sikre effektiv skadeforebygging bør signifikante assosiasjoner mellom en variabel og skaderisiko etableres (Bahr, 2016). Studier har vist at frontalplans knevalgus i tobens fallhopp vurdert med en 3D-bevegelsesanalyse kan assosieres med økt risiko for ACL-skade hos yngre kvinner (Hewett et al., 2005; Padua et al., 2015). Funnene fra disse studiene ble basert på seks til ni ACL-skader.



Andre studier har ikke funnet tilsvarende sammenheng mellom økt knevalgus og skaderisiko med samme test (Krosshaug et al., 2016; Leppanen et al., 2017; Smith, Johnson, et al., 2012). De aktuelle studiene har inkludert mellom 15-42 ACL-skader i sine analyser. I kontrast til dette, har andre funnet at større frontalplans knevalgus i ettbens landinger kan være en potensiell risikofaktor for fremtidig ACL-skade (Numata et al., 2018). Räisänen, Pasanen, et al. (2018) fant i sin studie at yngre utøvere i basketball og volleyball med stor FPPV ( $>23.8^\circ$ ) i ettbens knebøy vurdert med en 2D-videoanalyse var assosiert med 2.7 ganger større risiko for akutt skade i underekstremitetene. Ingen assosiasjon ble derimot funnet mellom FPPV og kneskader. Samme forskergruppe observerte ingen sammenheng mellom FPPV og økt risiko for skade i underekstremitetene hos yngre fotballspillere (Räisänen, Arkkila, et al., 2018). Ingen har foreløpig undersøkt om frontalplans knevalgus i ettbens knebøy kan assosieres med økt risiko for senere ACL-skade hos voksne utøvere.

Lateral tilt av trunkus kombinert med frontalplans knevalgus har også blitt foreslått å øke risikoen for en ikke-kontakt ACL-skade (Dingenen et al., 2015; Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg, & Cholewicki, 2007a). Andre har rapportert at lateral tilt av trunkus virker å være et resultat av at bekken og trunkus roterer som ett segment under ettbens situasjoner (Houck, Duncan, & De Haven, 2006). Det har blitt anbefalt at forskning på risikofaktorer for ACL-skade heller bør inkludere variabler som mål på kontroll i trunkus, bekken og hoftene sammen med kneleddet, enn å se på kneleddet som en isolert komponent (Alentorn-Geli et al., 2009). Derfor kan det være interessant å undersøke om utøvere med en senere ACL-skade skiller seg signifikant fra utøvere uten skade når det gjelder mål på frontalplans knevalgus i ettbens knebøy. Denne kartleggingen av faktorer som kan medføre økt risiko for ACL-skade vil være ett viktig steg på veien til effektiv skadeforebygging.

## 1.1 Formål med prosjektet

Formålet med denne studien er å undersøke hvorvidt knekontroll i frontalplanet under en ettbens knebøy er assosiert med forhøyet risiko for ACL-skade, hvor utfallsvariablene av interesse er frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV), medial kneposisjon (MKP) og lateral bekkentilt (LBT).

## 1.2 Hypoteser

**Forskningshypotese 1:** Stor grad av knevalgus målt ved frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) er assosiert med økt risiko for ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball.

**Forskningshypotese 2:** Stor grad av knevalgus målt ved medial kneposisjon (MKP) er assosiert med økt risiko for ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball.

**Forskningshypotese 3:** Stor grad av knevalgus målt ved lateral bekkentilt (LBT) er assosiert med økt risiko for ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball.

## 2. Teori

Fotball er en av de mest populære idrettene i verden (FIFA, 2007), og interessen for håndball er spesielt stor i Europa (Achenbach et al., 2018). Fotball og håndball har blitt regnet som de mest populære lagidrettene for kvinner i Norge (Idrettsforbund, 2017). Norges Håndballforbund har totalt registrert 134 967 medlemmer, hvor 2/3 er kvinner (Håndballforbund, 2018). Norges Fotballforbund har totalt 377 829 aktive utøvere, hvor omtrent 1/3 er kvinner (Fotballforbund, 2017).

### 2.1 Forekomst av fremre korsbåndsskade (ACL) i håndball og fotball

Håndball og fotball har blitt assosiert med høy forekomst av muskel- og skjelettskader i underekstremitetene (Clausen et al., 2014; Giroto, Hespanhol Junior, Gomes, & Lopes, 2017; Le Gall, Carling, & Reilly, 2008; Möller, Attermann, Myklebust, & Wedderkopp, 2012; Pasanen et al., 2008; Söderman, Adolphson, Lorentzon, & Alfredson, 2001). Kne- og ankelskader rapporteres å være de vanligste skadene i håndball (Langevoort, Myklebust, Dvorak, & Junge, 2007; Olsen et al., 2006; Wedderkopp, Kaltoft, Lundgaard, Rosendahl, & Froberg, 1999) og fotball (Gaulrapp, Becker, Walther, & Hess, 2010; Hagglund et al., 2009). I håndball har man registrert at 78% av de akutte skadene i underekstremitetene hos kvinner medførte fravær fra deltakelse i idretten (Olsen et al., 2006; Wedderkopp et al., 1999). Hos kvinnelige fotballspillere har man sett at skader i underekstremitetene medførte 70-80% av det totale fraværet fra deltakelse i idretten (Hagglund et al., 2009; Nilstad et al., 2014).

Den økte andelen kvinner i lagidretter generelt har de siste årene medført en økende forekomst av ikke-kontakt ACL-skader (Laible & Sherman, 2014), hvor yngre utøvere i alderen 14 til 19 år ser ut til å være spesielt utsatte for skade (Renström et al., 2008). Sammenlignet med mannlige utøvere i håndball og fotball, rapporteres det om en 2 til 8 ganger større forekomst av ACL-skade hos kvinner (Agel et al., 2007; Arendt, Agel, & Dick, 1999; Arendt & Dick, 1995; Gwinn, Wilckens, McDevitt, Ross, & Kao, 2000; Myklebust et al., 1998; Prodromos, Han, Rogowski, Joyce, & Shi, 2007; Renström et al., 2008; Walden et al., 2011). Hos kvinnelige fotballspillere på høyskolenivå har man sett en årlig forekomst av ACL-skade på 8 %, noe som tilsier at lagene mister én til to spillere som en følge av slike skader per år (Bahr, McCrory, Bolic, & Prøis, 2014). Hos kvinnelige fotballspillere har man registrert en skadeinsidens på 0.6-2.2 ACL-skader per 1000 kamptimer (Björdal, Arnly,

Hannestad, & Strand, 1997; Faude, Junge, Kindermann, & Dvorak, 2005; Giza, Mithofer, Farrell, Zarins, & Gill, 2005; Le Gall et al., 2008; Tegnander, Olsen, Moholdt, Engebretsen, & Bahr, 2008; Östenberg & Roos, 2000), hvor det hos kvinnelige håndballspillere har blitt registrert en skadeinsidens på 1.6-2.3 ACL-skader per 1000 kamptimer (Myklebust et al., 1998; Prodromos et al., 2007; Renström et al., 2008).

## **2.2 Senkomplikasjoner ved ACL-skade**

I idretten utgjør en ACL-skade stor bekymring, da dette ofte gir alvorlige konsekvenser på både kort og lang sikt. De kortsiktige konsekvensene kan være blant annet fravær fra idrett, nedsatt funksjon, muskelsvakheter og økt risiko for en ny kneskade (Grindem, Eitzen, Engebretsen, Snyder-Mackler, & Risberg, 2014; Paterno, Rauh, Schmitt, Ford, & Hewett, 2012, 2014). Risikoen for en ny ACL-skade har blitt vist å være 4,3 ganger høyere ved retur til idretter som fotball og håndball (Grindem, Snyder-Mackler, Moksnes, Engebretsen, & Risberg, 2016). Man har sett at 65 % av de skadede utøverne returnerer til samme nivå som før skade (Arder, Taylor, Feller, & Webster, 2014; Grindem et al., 2016; Harris et al., 2013).

De langsiktige konsekvensene etter en ACL-skade inkluderer tidlig kneartrose, vedvarende smerter, redusert funksjon og nedsatt livskvalitet (Lohmander et al., 2007; Tengman et al., 2014; Øiestad, Holm, Engebretsen, & Risberg, 2011). Eliteutøvere i håndball og fotball har rapportert signifikant lavere skår i knefunksjon i ACL-skadet kne sammenlignet med uskadet kne ved subjektiv kartlegging ett til seks år etter skade (Myklebust et al., 2017). Ti år etter en ACL-skade vil omtrent 50 % av utøverne få påvist radiologiske tegn på kneartrose, og det er forventet at tilnærmet alle utøvere med tidligere skade vil ha en grad av artrose etter 15-20 år, uavhengig av behandlingsmetode (Myklebust & Bahr, 2005).

## **2.3 Skademekanisme ved ikke-kontakt ACL-skade**

En nøkkelkomponent for å utvikle effektive skadeforebyggende tiltak er å ha forståelse for skademekanismene, noe som innebærer en presis beskrivelse for hvordan en ACL-skade skjer (Bahr & Krosshaug, 2005). Litteraturen har tydelig vist at 70 til 90 % av ACL-skadene hos kvinnelige idrettsutøvere er ikke-kontakt skader. Ikke-kontakt skade blir definert som skader uten direkte kontakt mellom skadet kne og andre spillere (Arendt & Dick, 1995; Boden, Dean, Feagin, & Garrett, 2000; Fauno & Wulff Jakobsen, 2006; Hewett, Ford, Myer, Wanstrath, & Scheper, 2006; Krosshaug et al., 2007; Myklebust et al., 1998; Olsen et al., 2004). I

videoanalyser av kvinnelige håndballspillere har finter, retningsforandringer og ettbens landinger etter hoppeskudd vist seg å være typiske skademekanismer (Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). Hos kvinnelige fotballspillere har man sett at skade ofte oppstår ved retningsforandring i løp (Boden et al., 2000; Fauno & Wulff Jakobsen, 2006; Kaneko et al., 2017), gjenopptak av balanse etter spark (Walden et al., 2015) eller i landing etter hodedueller (Fauno & Wulff Jakobsen, 2006; Walden et al., 2015). Stor skadeinsidens har også blitt observert når en utøver presser motspiller i forsvar og gjør et sidesteg på ett ben og samtidig ekstenderer det andre benet med mål om å ta ballen eller takle motstander (Brophy et al., 2015; Kaneko et al., 2017; Walden et al., 2015). I både håndball og fotball skjer majoriteten av ACL-skadene når belastningen primært er distribuert på ett ben (Olsen et al., 2004; Walden et al., 2012).

På bakgrunn av videoanalyser, har dynamisk knevalgus blitt foreslått som en medvirkende faktor i skademekanismen til en ikke-kontakt ACL-skade (Brophy et al., 2015; Koga et al., 2010; Krosshaug et al., 2007; Olsen et al., 2004). Krosshaug et al. (2007) har definert dynamisk knevalgus som en medial kollaps av kneet, som virker å være en kombinasjon av adduksjon og innadrotasjon i hofte, knevalgus og utadrotasjon i tibia. Olsen et al. (2004) har beskrevet at kombinasjonen av kneabduksjon og tibiartasjon når utøveren trykker ifra mot underlaget, virker å være en mekanisme for ACL-skade. Dette skjer samtidig som at trunkus innadroterer med mål om å endre retning, hvor reaksjonskraften fra underlaget faller medialt for kneleddet. Man har også sett assosiasjoner mellom større kneabduksjon og lateral tilt av trunkus med tyngden forskjøvet til det vekt bærende benet (Hewett & Myer, 2011; Hewett, Torg, & Boden, 2009). En ikke-kontakt ACL-skade ser også ut til å inntreffe tidlig etter første kontakt med underlaget ved landinger eller fintebevegelse, med kneet i tilnærmet full ekstensjon (Boden et al., 2000; Olsen et al., 2004).

Koga et al. (2010) benyttet en MBIM (model-based-image-matching) i analysene av leddkinematikk fra ti hendelser hvor ACL ryker hos kvinnelige utøvere i håndball og basketball. De så at utøverne som pådro seg en ACL-skade, hadde umiddelbar knefleksjon og nøytral kneabduksjon ved første kontakt med underlaget. Utøverne hadde først innadrotasjon og deretter utadrotasjon av tibia, hvor sistnevnte bevegelse ble antatt å forekomme etter at ACL hadde røket. Koga, Nakamae, Shima, Bahr, and Krosshaug (2018) observerte i sin studie at hoftefleksjonsvinkel og innadrotasjon i hofte var relativt konstant etter første kontakt med underlaget, når ACL har blitt antydnet å ryke (Koga et al., 2010). Denne statiske posisjonen i

hoften som har blitt sett ved ACL-skade er forskjellig fra situasjoner hvor skade ikke inntreffer, hvor hoften flekteres etter første kontakt med underlaget (Koga et al., 2018). Andre studier har sett samme tendens ved ACL-skade hvor hoftefleksjon og hofteabduksjon er relativt konstant etter første kontakt med underlaget (Boden et al., 2000). Mekanismen med konstant fleksjon og innadrotasjon i hofte ved en ACL-skade kan tyde på redusert absorpsjon av energi i hoften når ACL ryker (Koga et al., 2018).

## 2.4 Forebygging av ACL-skade

Den høye forekomsten av ACL-skade hos kvinnelige utøvere understreker viktigheten av å forebygge slike skader (Hewett et al., 2006). Nevromuskulær trening (NMT) med hensikt å forebygge ACL-skade har vist å kunne redusere risiko for slik skade med omtrent 50 % hos kvinnelige utøvere (Myer et al., 2013; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016; Sugimoto, Myer, Foss, & Hewett, 2015). Skadeforebyggende programmer med fokus på balanse, styrke, nevrologisk kontroll og god teknikk gjennom plyometriske øvelser, har vist signifikant reduksjon i knevalgus, noe som indikerer at slike programmer kan påvirke en bevegelsesstrategi positivt og videre unngå ACL-skade (Lopes et al., 2018). Allikevel har det blitt etterlyst et behov for ytterligere forskning for å avgjøre hvilken kombinasjon av komponenter i programmene som er mest effektive i forebyggingen av ACL-skader (Taylor, Waxman, Richter, & Shultz, 2015).

I en systematisk oversikt og meta-analyse av Petushek, Sugimoto, Stoolmiller, Smith, and Myer (2018) vurderte de hvilke komponenter i NMT programmene som var effektive i forebyggingen av ACL-skade hos kvinnelige håndball-, basketball- og fotballspillere. De så at NMT-programmene reduserte risiko for ACL-skade, hvor én skade blant 54 spillere ble redusert til én av 111 (OR = 0,51). De mest effektive NMT-programmene inkluderte utdannede trenere og yngre utøvere, og de hadde øvelser for styrke i underekstremitetene (nordic hamstring, utfall og ståhev) og stabilitet i landinger (typisk hopp og stående kontroll i ulike retninger, ettbens situasjoner og vertikale hopp/landing) gjennom hele sesongen. Programmer med komponenter som balanse, kjernestyrke, fleksibilitet eller agilityøvelser ble derimot ikke funnet mer effektive enn programmer uten disse komponentene (Petushek et al., 2018). Blant de inkluderte studiene i nevnte oversikt rapporterte Olsen et al. (2005) en 50 % reduksjon av kneskader ved et 15 minutters oppvarmingsprogram med fokus på ankel og knekontroll i landing og finter hos yngre kvinnelige håndballspillere (16 til 17 år). Walden et

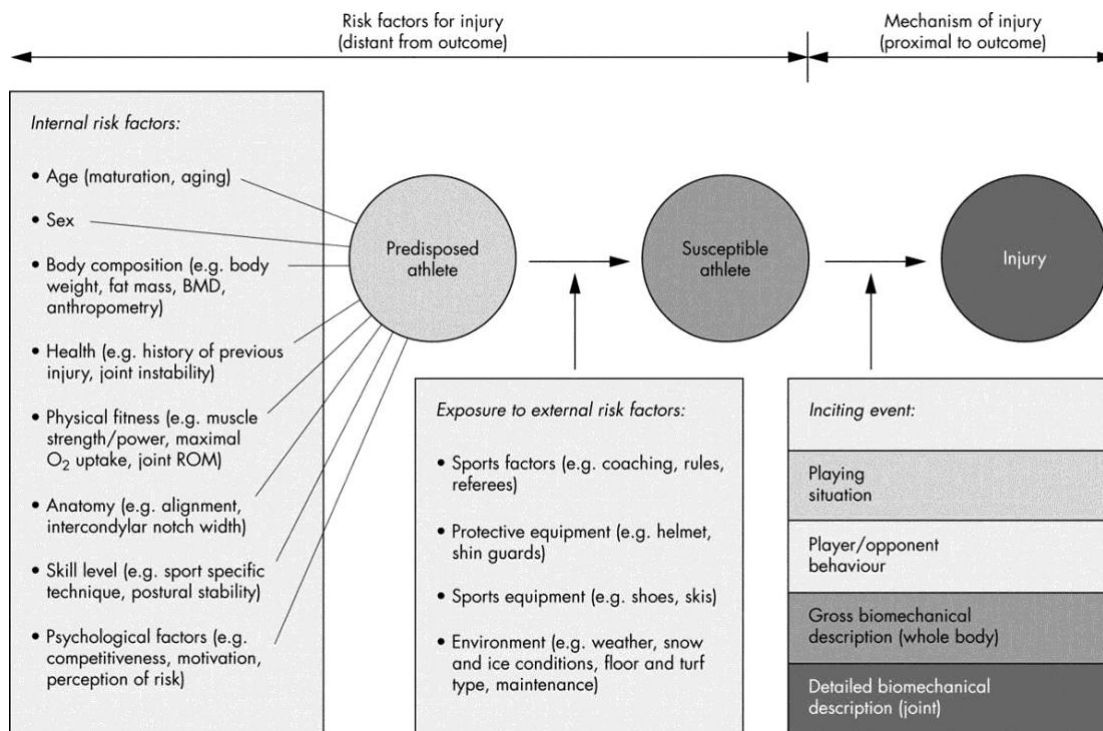
al. (2012) viste en 64 % reduksjon av ACL-skader hos yngre kvinnelige fotballspillere i Sverige (12 til 17 år) med et 15 minutters program med øvelser for kjernestabilitet, knekontroll, balanse og teknikk ved hopp/landing.

I en systematisk oversikt av Sugimoto et al. (2016), så de at komponentene unge utøvere, større dosering, variasjon i øvelsene og inkludering av verbal tilbakemelding var assosiert med økt effekt av NMT, hvor komponentene kan forklare 73 % av effekten. Ved å inkludere en av nøkkelkomponentene kan risiko for ACL-skade reduseres med 17% hos kvinnelige utøvere (Sugimoto et al., 2016). Andre har sett at målrettet NMT ga signifikant forbedring av trunkuskontroll og redusert kneabduksjon hos kvinnelige utøvere (Hewett, Ford, Xu, Khoury, & Myer, 2017). Utøvere klassifisert i en høy-risiko gruppe, med høye momenter av kneabduksjon i tobens fallhopp, hadde i denne studien signifikant størst effekt av NMT sammenlignet med utøvere i lav-risiko grupper.

Effektene av nevro-muskulære programmer virker å være størst i forebygging av ACL-skade når styrketrening i underekstremitetene, øvelser for stabilitet i landinger, større dosering, variasjon av øvelser gjennom hele sesongen i kombinasjon med verbal tilbakemelding og utdannede trenere inkluderes (Petushek et al., 2018; Sugimoto et al., 2016). Skadeinsidensen kan potensielt reduseres ytterligere ved implementering av komponentene balanse, kjernestyrke, fleksibilitet og agilityøvelser (Petushek et al., 2018).

## **2.5 Risikofaktorer for en ACL-skade**

Forskning på risikofaktorer for skade er nyttig for å forstå hvorfor en skade oppstår og samtidig forutsi hvem som er mest utsatt for å få en skade (Bahr, 2016). En multifaktoriell tilnærming bør benyttes for å ta hensyn til alle involverte faktorer ved en ACL-skade, noe som innebærer indre og ytre risikofaktorer og skademekanismene (Bahr & Krosshaug, 2005). Når man ønsker å undersøke risikofaktorene og skademekanismene for en ACL-skade, krever dette en dynamisk modell hvor den multifaktorielle karakteren ved idrettsskader tas i betraktning (Bahr & Holme, 2003; Bahr & Krosshaug, 2005). Meeuwisse (1994) gjorde nettopp dette når han utviklet en modell som beskrev hvordan et komplekst samspill mellom indre og ytre risikofaktorer forårsaker en skade. Modellen har senere blitt modifisert og utvidet av Bahr & Krosshaug (2005), hvor hendelsene som førte til skadesituasjonen ble inkludert (Figur 1).



**Figur 1.** En omfattende modell for skadeårsak. Figuren er hentet fra Bahr & Krosshaug (2005), utviklet fra den multifaktorielle modellen laget av Meeuwisse (1994).

Det har blitt mer og mer tydelig at en ACL-skade trolig har en multifaktoriell årsak og oppstår som et resultat av samspill mellom anatomiske, hormonelle, genetiske, biomekaniske og nevromuskulære faktorer (Gould et al., 2016; Shultz et al., 2015). Både indre og ytre faktorer antas å være medvirkende.

Indre risikofaktorer har blitt beskrevet som individuelle karakteristika hos spilleren som kan disponere for skade, som anatomiske, hormonelle, biomekaniske og nevromuskulære faktorer (Meeuwisse, 1994). Av indre faktorer som har blitt vist å påvirke ACL-skaderisiko, er økt kroppsmasseindeks, generalisert og spesifikk leddlaksitet, liten og smal fossa intercondylaris på femur, premenstruell fase, redusert hamstrings- og quadricepsstyrke. Endret nevromuskulær kontroll grunnet muskulær tretthet, redusert styrke i kjernemuskulatur, redusert trunkus-, hofte- og knefleksjonsvinkel samt høy dorsalfleksjon i ankel, er andre faktorer. I tillegg har lateral tilt av trunkus og hofteadduksjon, kombinert med momenter av kneabduksjon, økt innadrotasjon av hofte, utadrotasjon av tibia med eller uten pronasjon i foten og tidligere ACL-skade blitt nevnt (Alentorn-Geli et al., 2009; Hewett et al., 2006; Renström et al., 2008).

Ytre risikofaktorer er relatert til hendelsen når en skade skjer, uavhengig av spilleren (Renström et al., 2008). Ytre faktorer som har vist å påvirke skaderisiko er spillnivå som



konkurranse, posisjon på banen, klima og underlag (Beynon et al., 2014; Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2003; Renström et al., 2008; Smith, Vacek, et al., 2012).

Risikofaktorer deles også ofte inn i ikke-modifiserbare faktorer (som ikke kan endres) og modifiserbare faktorer (som potensielt kan endres ved skadeforebyggende strategier) (Emery, Meeuwisse, & Hartmann, 2005). Anatomiske og genetiske faktorer regnes som ikke-modifiserbare, mens biomekaniske, hormonelle og nevromuskulære faktorer betraktes som modifiserbare (Alentorn-Geli et al., 2009). For å sikre effektiv skadeforebygging, bør potensielle modifiserbare risikofaktorer for ACL-skade studeres prospektivt før forebyggende tiltak introduseres (Shultz et al., 2015; van Mechelen, Hlobil, & Kemper, 1992). Prospektive kohortestudier har blitt beskrevet som det beste studiedesignet for å kartlegge risikofaktorer. For å avdekke moderate til sterke assosiasjoner mellom en risikofaktor og skade, behøves 20 til 50 tilfeller av skade, hvor lav til moderat assosiasjon først oppdages ved 200 tilfeller (Bahr & Holme, 2003).

### **2.5.1 Biomekaniske risikofaktorer**

Flere studier har dokumentert at typiske bevegelsesmønstre virker å være en avgjørende faktor for en ACL-skade (Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). Studier har vist at økt frontalplans knekinematikk i tobens fallhopp kan assosieres med økt risiko for ACL-skade hos kvinnelige utøvere i idretter som innebærer vridninger (Hewett et al., 2005; Padua et al., 2015). Hewett et al. (2005) fant at større knevalgsvinkel og større kneabduksjonsmoment i en tobens fallhopp test vurdert med en 3D-bevegelsesanalyse kunne assosieres med senere ACL-skade hos 205 kvinnelige fotball-, volleyball- og basketballspillere (gjennomsnittlig 15,6 år). Studien baserte sine funn på ni ACL-skader. Utøverne med en ACL-skade ble observert med 2,5 ganger større kneabduksjonsmoment sammenlignet med uskadet utøvere og predikerte fremtidig ACL-skade med 78 % sensitivitet og 73 % spesifisitet.

Kneabduksjonsvinkelen var 8,4° større ved første kontakt med underlaget og 7,6° større i dypeste knefleksjon hos ACL-skadet utøvere (Hewett et al., 2005). Basert på dataene fra Hewett et al. (2005), har det blitt vist at et kneabduksjonsmoment over 25,3 Newtonmeter (Nm) økte risikoen for en ACL-skade med 6,8 % (Myer et al., 2015).

Padua et al. (2009) har utviklet et alternativt klinisk kartleggingsverktøy (LESS – Landing Error Scoring System), for å kunne identifisere utøvere med et høy-risiko bevegelsesmønster i hopp-landing som potensielt kunne øke risiko for ACL-skade. Høy LESS-skår indikerte dårlig

teknikk i hopp-landing og var assosiert med reduserte fleksjonsvinkler i kne og hofte, større innadrotasjon i hofte, større knevalgus og kneabduksjonsmomenter. Lav LESS-skår indikerte bedre teknikk. De så at kinematikken og kinetikken i underekstremitetene hos individene med høy skår var signifikant annerledes fra de med lav skår, og de har derfor foreslått at LESS kan være et nyttig verktøy for å kartlegge utøvere med økt risiko for ACL-skade (Padua et al., 2009). LESS-skår i tobens fallhopp har senere vist å kunne kartlegge yngre fotballspillere på elitenivå med økt risiko for ACL-skade, hvor en skår på fem eller høyere kunne predikere skade med 86 % sensitivitet og 64 % spesifisitet. Funnene ble basert på totalt syv ACL-skader, hvor seks av disse var hos jenter. Utvalget besto av 829 utøvere, hvorav 481 var jenter (gjennomsnittlig 13,9 år) (Padua et al., 2015). Smith, Johnson, et al. (2012) benyttet samme kartleggingsverktøy og fant derimot ingen assosiasjon mellom biomekaniske mønstre i landing etter tobens fallhopp og risiko for senere ACL-skade hos utøvere i videregående skole og høgskole (gjennomsnittlig 18,3 år). De analyserte 28 ikke-kontakt ACL-skader, hvorav 19 av disse forekom hos jenter.

I en større prospektiv kohortestudie av Krosshaug et al. (2016), basert på samme kohorte som dette prosjektet, undersøkte de sammenhengen mellom variabler for knevalgus i tobens fallhopp vurdert med en 3D-bevegelsesanalyse og risiko for fremtidig ACL-skade hos 710 eliteutøvere i håndball og fotball. De baserte sine funn på 42 ikke-kontakt ACL-skader, men fant ingen assosiasjon mellom medial kneforflytning (MKF), valgus ved første kontakt med underlaget, største knefleksjon eller største kneabduksjonsmoment og risiko for en ny ACL-skade. En tilsvarende studie av Leppanen et al. (2017) så heller ingen sammenheng mellom risiko for fremtidig ACL-skade og knevalgusvinkel, kneabduksjonsmoment og MKF i tobens fallhopp vurdert ved 3D-bevegelsesanalyse hos 171 yngre kvinnelige innebandy- og basketballspillere. Funnene ble basert på 15 ikke-kontakt ACL-skader. Assosiasjoner ble derimot sett mellom stive landinger med redusert knefleksjon og større vertikal reaksjonskraft fra underlaget og økt risiko for senere ACL-skade.

I kontrast til dette, har Numata et al. (2018) observert signifikant større maksimal knevalgus (målt i centimeter) i ettbens landinger hos utøvere med en senere ACL-skade. Dette ble rapportert som en potensiell risikofaktor for fremtidig skade. De benyttet en 2D-videoanalyse i vurderingen av frontalplans knevalgus og baserte sine funn på 27 ikke-kontakt ACL-skader blant 291 yngre (gjennomsnittlig 15 år) kvinnelige utøvere i håndball og basketball. Utøvere

med en ACL-skade viste gjennomsnittlig 1,7 cm og 3,2 cm større knevalgus ved henholdsvis første kontakt med underlaget og dypeste knefleksjon, sammenlignet med uskadete utøvere.

Andre har undersøkt om frontalplans knekontroll i ettbens knebøy vurdert med 2D-videoanalyse kunne assosieres med fremtidig skade i underekstremitetene hos yngre utøvere (Räisänen, Arkkila, et al., 2018; Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Räisänen, Pasanen, et al. (2018) inkluderte 306 yngre basketball- og volleyballspillere (gjennomsnittlig 15,6 år), og de fant at utøverne med stor frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) ( $>23.8^\circ$ ) hadde 2,7 ganger høyere risiko for skade i underekstremitetene. Signifikante assosiasjoner ble ikke observert mellom FPPV og kneskader, hvor en mulig forklaring på manglende assosiasjoner ble foreslått å være få kneskader ( $n = 18$ ). Av det totale utvalg var 48 % kvinner (Räisänen, Pasanen, et al., 2018). I en annen studie fra samme forskergruppe, så de heller ingen assosiasjon mellom FPPV og økt risiko for akutt ikke-kontakt skade i underekstremitetene hos 558 yngre fotballspillere (11 til 14 år). Her var 20,2% jenter, hvor 20 % av totalt 142 skader i underekstremitetene ble registrert som kneskader. Det ble påpekt at manglende assosiasjoner kunne skyldes at flere av de yngre utøverne hadde vanskeligheter med å gjennomføre testen til ønsket  $90^\circ$  knefleksjon (Räisänen, Arkkila, et al., 2018).

Lateral tilt av trunkus i kombinasjon med økt frontalplans knevalgus har blitt foreslått å øke risikoen for ACL-skade hos kvinnelige utøvere (Dingenen et al., 2015; Zazulak et al., 2007a). I studien til Dingenen et al. (2015), hvor de benyttet en 2D-videoanalyse av ettbens fallhopp, så de at kvinnelige eliteutøvere med en ikke-kontakt kneskade landet med en kombinasjon av økt frontalplans knevalgus og lateral tilt av trunkus mot det vekt bærende ben. Disse resultatene kan benyttes i kartleggingen av utøvere i risiko for ACL-skade, men de bør bekreftes i større studier, siden resultatene ble basert på kun fire skader (Dingenen et al., 2015). Det har også blitt vist at fleksjon, ekstensjon og lateral tilt av trunkus økte risikoen for ACL-skade med 83 % sensitivitet og 76 % spesifisitet hos kvinnelige utøvere, hvor lateral tilt av trunkus var den sterkeste predikatoren for ACL-skade hos utøverne totalt sett ( $OR = 2,24$ ) (Zazulak et al., 2007a). Funnene bør betraktes med varsomhet, da resultatene er basert på få skader ( $n = 4$ ). Utøvere med en kombinasjon av knevalgus og lateral tilt av trunkus har et større eksternt abduksjonsmoment i kneet enn vinkelen alene, noe som tyder på at lateral tilt av trunkus under funksjonelle tester i frontalplanet kan bidra til å kartlegge utøvere i risiko for kneskade (Dingenen, Malfait, Vanrenterghem, Verschueren, & Staes, 2014). Redusert nevro-muskulær kontroll i trunkus har også blitt vist å predikere kneskade med 90 %

sensitivitet og 56 % spesifisitet hos kvinnelige utøvere (Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg, & Cholewicki, 2007b). Dermed kan nevro-muskulær kontroll i segmentene ovenfor kneet være avgjørende for å redusere risiko for kneskade og ACL-skade (Zazulak et al., 2007a, 2007b).

Houck et al. (2006) dokumenterte at lateral tilt av trunkus ikke kunne forklares av lateralfleksjon i trunkus ved retningsforandringer hos kvinnelige individer, noe som kunne tyde på at bekken og trunkus roterte som ett segment. De foreslo videre at effektiv kontroll av bekkenet i frontalplanet kan være avgjørende for å redusere belastning i underekstremitetene i ettbens situasjoner. Siden posisjonering og bevegelser av segmenter proksimalt for kneet kan plassere kneleddet i en posisjon med økt risiko for ACL-skade, bør flere biomekaniske variabler inkluderes i kartleggingen av skaderisiko (Shultz et al., 2015).

### **2.5.2 Bendingdominans som risikofaktor**

Dominant ben har blitt definert som det foretrukne ben å sparke en ball med (Krosshaug et al., 2016; Mauntel et al., 2013; Räsänen, Arkkila, et al., 2018; Räsänen, Pasanen, et al., 2018; Steffen et al., 2016). Bendingdominans har blitt beskrevet som en ubalanse i styrke og leddkinematikk i underekstremitetene (Myer, Ford, & Hewett, 2004). Tidligere studier har dokumentert at det ikke var signifikante sammenhenger mellom bendingdominans og en ikke-kontakt ACL-skade hos kvinnelige utøvere (Matava, Freehill, Grutzner, & Shannon, 2002; Negrete, Schick, & Cooper, 2007).

I en studie av Brophy, Silvers, Gonzales, and Mandelbaum (2010), så de at 68 % av ACL-skadene hos kvinnelige fotballspillere forekom i ikke-dominante ben. Samme trend har senere blitt rapportert, hvor man så hyppigere ACL-skade i ikke-dominant ben (54-62 %) hos kvinnelige eliteutøvere i fotball og håndball. Funnene kunne ikke assosieres med økt risiko for skade sammenlignet med det dominante ben (Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016). Derimot har det blitt observert signifikant større frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) i dominant ben hos yngre fotballspillere, noe som kan betraktes som ubalanse i knekontroll mellom beina, men dette ble ikke assosiert med økt skaderisiko i underekstremitetene (Räsänen, Arkkila, et al., 2018).

### **2.5.3 Tidligere ACL-skade som risikofaktor**

Det har blitt vist at kvinnelige utøvere i idretter som innebærer vridninger og retningsforandringer med en tidligere ACL-skade har økt risiko for en ny ACL-skade (Faude, Junge, Kindermann, & Dvorak, 2006; Krosshaug et al., 2016; Orchard, Seward, McGivern, & Hood, 2001; Paterno et al., 2012, 2014; Pinczewski et al., 2007; Salmon, Russell, Musgrove, Pinczewski, & Refshauge, 2005; Steffen et al., 2016). En systematisk oversikt og meta-analyse fra 2016 viste at omtrent en av fire yngre utøvere (< 25 år) med en tidligere ACL-skade som returnerer til en høy-risiko idrett, vil pådra seg en ny ACL-skade i løpet av karrieren, med 30 til 40 ganger større risiko for en ny ACL-skade sammenlignet med uskadet utøvere (Wiggins et al., 2016). Pinczewski et al. (2007) har rapportert at insidensen av en ny ACL-skade ved tidligere skade var 27 % etter 10 år, mens Leys, Salmon, Waller, Linklater, and Pinczewski (2012) viste til 29-34 % re-skader etter 15 år.

Nylige studier, fra samme kohortestudie som dette prosjektet, har funnet at en tidligere ACL-skade var signifikant assosiert med økt risiko for ny ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball, med tre ganger høyere risiko for en ny skade (Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016; Steffen et al., 2017). Tidligere studier har vist samme tendens, med fire til fem ganger større sannsynlighet for en ny skade hos kvinnelige utøvere (Faude et al., 2006; Orchard et al., 2001). Det er tydelig at utøvere med tidligere ACL-skade representerer en høy-risiko gruppe for en ny ACL-skade i løpet av karrieren (Krosshaug et al., 2016).

## **2.6 Kartlegging av risikofaktorer**

Kartlegging har blitt beskrevet som en strategi som brukes for å avdekke potensielle risikofaktorer som kan medføre senere skade hos friske individer (Bahr, 2016). Siden mekanismen for en ACL-skade vanligvis forekommer med vekten distribuert til ett ben (Olsen et al., 2004; Walden et al., 2012) kan det være relevant å benytte ettbenstester i kartlegging av biomekaniske faktorer som potensielt kan medføre økt risiko for ACL-skade.

### **2.6.1 Ettbens knebøy som kartleggingstest av biomekaniske risikofaktorer**

I klinisk praksis er det vanlig å benytte ettbens knebøy for å vurdere biomekaniske forhold i frontalplanet i underekstremitetene, bekken og trunkus for å kartlegge risikofaktorer og skadeforekomst blant utøvere (Mauntel, Frank, Begalle, Blackburn, & Padua, 2014; Whatman, Hume, & Hing, 2013a; Zeller, McCrory, Kibler, & Uhl, 2003). Ettbens knebøy er

en dynamisk test som kan relateres til funksjonelle bevegelser som landing, løping og retningsforandringer, og testen setter høye krav til balanse og styrke hos den enkelte utøver (Stensrud et al., 2011). Testen har ofte blitt benyttet i forskning for å vurdere frontalplans knevalgus (Crossley, Zhang, Schache, Bryant, & Cowan, 2011; Mauntel et al., 2013; Mauntel et al., 2014; Räsänen, Arkkila, et al., 2018; Räsänen, Pasanen, et al., 2018; Stensrud et al., 2011; Zeller et al., 2003).

Kvinnelige utøvere har blitt observert med større knevalgus i ettbens knebøy sammenlignet med tobens fallhopp test (Jones, Herrington, Munro, & Graham-Smith, 2014; Munro et al., 2017; Stensrud et al., 2011). Større hofteadduksjonsvinkel har også blitt observert i ettbens knebøy sammenlignet med ettbens og tobens fallhopp (Donohue et al., 2015). Testene setter ulike krav til kinematikk og muskelaktivering, og klinikere anbefales å ta i bruk flere verktøy for å kartlegge bevegelsesavvik og nevromuskulær kontroll (Mauntel et al., 2018). Stensrud et al. (2011) så at ettbens knebøy og tobens fallhopp fanget opp forskjellige utøvere med frontalplans knevalgus, hvor ca. 20 % av utøverne ikke hadde blitt fanget opp ved å bruke en av testene. Det har også blitt avdekket svak korrelasjon mellom testene ved testing av frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) ( $r = 0,24$  til  $0,30$ ) (Munro et al., 2017; Stensrud et al., 2011). I tillegg har det blitt vist at tobens fallhopp ikke kan predikere ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball (Krosshaug et al., 2016).

En utfordring med kartlegging av skaderisiko er at de potensielle risikofaktorene er kontinuerlige variabler, og det kan forventes betydelig overlapp mellom skadet og uskadet gruppe (Bahr, 2016). Ettbens knebøy alene har blitt dokumentert å være et utilstrekkelig verktøy for å predikere skade i underekstremitetene hos yngre utøvere, da testen mislyktes i å dele utøverne inn i to distinktive grupper (Räsänen, Pasanen, et al., 2018). Allikevel kan signifikante assosiasjoner mellom biomekaniske variabler og skaderisiko bedre forståelsen for årsakene til skade, og videre effektivisere de forebyggende tiltakene (Bahr, 2016).

## **2.6.2 Validitet og reliabilitet av ettbens knebøy ved 2D-videoanalyse**

Tre-dimensjonal (3D) bevegelsesanalyse har blitt foreslått å være "gullstandarden" ved kartlegging av kinematikk og kinetikk i underekstremitetene, men denne metoden er lite aktuell ved større populasjoner, da den er dyr og tidkrevende (McLean et al., 2005). En todimensjonal (2D) videoanalyse har vist seg å være kostnadseffektiv og enklere å ta i bruk, noe som gjør den fordelaktig ved kartlegging i større skala (Räsänen, Pasanen, et al., 2018).

Studier har vist at en 2D-videoanalyse av testen ettbens knebøy er et reliabelt verktøy for å måle frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) (Gwynne & Curran, 2014; Munro et al., 2012; Stensrud et al., 2011) og har blitt validert mot en 3D-bevegelsesanalyse (Gwynne & Curran, 2014; McLean et al., 2005; Munro et al., 2012). Studier har vist sterk korrelasjon mellom 2D FPPV og 3D kneabduksjonsvinkel i ettbens knebøy ( $r = 0,78$ ) (Gwynne & Curran, 2014; Herrington et al., 2017). Korrelasjoner har også blitt sett mellom 2D FPPV og 3D innadrotasjon i hofte i en modifisert ettbens knebøy (Ageberg et al., 2010). Herrington et al. (2017) så i sin studie sterk korrelasjon mellom 2D og 3D hofteadduksjon i ettbens knebøy ( $r = 0,81$ ). Dette gjør en 2D-analyse av ettbens knebøy til et fordelaktig og klinisk nyttig alternativ til en 3D-bevegelsesanalyse i kartlegging av risikofaktorer for skade (McLean et al., 2005).

Ingen studie har undersøkt forholdet mellom en 2D-videoanalyse og 3D-bevegelsesanalyse av LBT i ettbens knebøy. I kontrast til dette fant Dingenen et al. (2018) signifikante sammenhenger ( $p < 0,001$ ) mellom 2D målt LBT og 3D målt LBT og hofteadduksjon i dypeste posisjon i standfase under løping. Funnene indikerte at en 2D-videoanalyse kan benyttes som en alternativ metode for å evaluere 3D målt LBT og hofteadduksjon (Dingenen et al., 2018). I tillegg har det blitt funnet god validitet mellom 3D-bevegelsesanalyse og visuell bedømming av LBT, noe som tilsier at vi med stor sikkerhet kan si at utøvere med LBT ved visuell bedømming også har dette i 3D målinger (Whatman, Hume, & Hing, 2013b).

## **2.7 Biomekaniske variabler for vurdering av ACL-skaderisiko**

I litteraturen har det blitt benyttet flere variabler som mål på frontalplans knekinematikk for å undersøke potensielle assosiasjoner med økt risiko for ACL-skade eller skade i underekstremitetene. Dette er blant annet frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) vurdert med en 2D-videoanalyse (Räisänen, Arkkila, et al., 2018; Räisänen, Pasanen, et al., 2018), kneabduksjonsmoment, kneabduksjonsvinkel (Hewett et al., 2005; Krosshaug et al., 2016; Leppanen et al., 2017) og medial forflytning av kneet (MKF) (Krosshaug et al., 2016; Leppanen et al., 2017). De tre siste studiene benyttet en 3D-bevegelsesanalyse. Ingen studier har tidligere vurdert risiko for senere ACL-skade og lateral bekkentilt (LBT) i en utøverspesifikk test. Ved vurdering av 2D frontalplans knekontroll, kalkuleres et stillbilde av utøveren og man har ikke mulighet for å undersøke den dynamiske bevegelsen i leddene. Statistiske mål på frontalplans knekontroll vil derfor være å foretrekke i en 2D-videoanalyse.

### **2.7.1 Medial kneposisjon (MKP)**

I 2015 ble det introdusert en ny måte å måle frontalplans knevalgus (Mok, 2015). Medial kneposisjon (MKP) ble kalkulert som den vinkelrette avstanden mellom kneleddssenter og linjen mellom ankel og hofteladdssenter vurdert i frontalplanet. Forskjellen i bevegelse fra MKP ved første kontakt med underlaget til dypeste knefleksjon ble definert som medial kneforflytning (MKF) (Mok, Bahr, & Krosshaug, 2017; Mok, Petushek, & Krosshaug, 2016).

Benyttelse av MKP som mål på frontalplans knevalgus ved typiske idrettsrelaterte oppgaver kan være fordelaktig når man forsøker å kartlegge faktorer som kan medføre økt skaderisiko. Undersøkelse av frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) vurdert med en 2D-videoanalyse kan medføre feiltolkning av variabelen, som et resultat av en kombinasjon av innadrotasjon i hofta og knefleksjon (McLean et al., 2005). Dette kan medføre at måling av 2D FPPV ikke gir korrekte mål på frontalplans knevalgus (Stensrud et al., 2011).

### **2.7.2 Frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV)**

Frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV) har blitt beskrevet som vinkelen dannet av linjen som forbinder hofta- og kneleddssenter og linjen som forbinder ankel- og kneleddssenter (Gwynne & Curran, 2014; Räsänen, Arkkila, et al., 2018; Räsänen, Pasanen, et al., 2018). Positiv FPPV har blitt beskrevet som frontalplans knevalgus, hvor knemarkøren observeres medialt for linjen dannet mellom ankel- og hoftemarkøren. Negativ FPPV betegnet frontalplans knevarus, hvor knemarkøren observeres lateralt for samme beskrevne linje (Räsänen, Pasanen, et al., 2018; Willson & Davis, 2008).

Flere studier har benyttet FPPV som mål på knevalgus i frontalplanet (Gwynne & Curran, 2014; Herrington et al., 2017; Munro et al., 2012; Munro et al., 2017; Räsänen, Arkkila, et al., 2018; Räsänen, Pasanen, et al., 2018), hvor en av studiene avdekket at stor grad av FPPV i ettbens knebøy kan assosieres med økt risiko for skade i underekstremitetene hos yngre utøvere (Räsänen, Pasanen, et al., 2018). Inkludering av FPPV som mål på frontalplans knevalgus kan derfor være av interesse i kartlegging av faktorer som kan assosieres med økt risiko for senere ACL-skade.



### 2.7.3 Lateral bekkentilt (LBT)

Bekkenet har blitt beskrevet som den funksjonelle forbindelsen mellom trunkus og underekstremitetene, hvor kontroll av bekkenet spesielt i frontalplanet har blitt foreslått å være avgjørende for å redusere belastning i underekstremitetene i ettbens situasjoner (Houck et al., 2006). Lateral bekkentilt (LBT) kan beskrives som en bevegelsesstrategi med ett fall i bekkenet i kontralaterale hofte. Når en utøver står på sitt høyre ben og bekkenet tiltes på venstre side, vil dette medføre adduksjon i hofteleddet på vektbærende høyre side (Martin & Kivlan, 2011). Hofteadduksjon har blitt definert som den relative bevegelsen mellom bekkenet og femur (Dingenen et al., 2018) og har blitt foreslått å være forbundet til dynamisk knevalgus (Gwynne & Curran, 2014; Powers, 2010). En tilstedeværelse av økt adduksjon i hofte hos kvinner i ettbens knebøy har blitt observert i flere studier (Graci, Van Dillen, & Salsich, 2012; Hewett et al., 2009; Willson, Ireland, & Davis, 2006; Zeller et al., 2003).

Studier har observert større rotasjon i trunkus og bekken mot det vektbærende benet, større kontralateral bekkentilt, større hofteadduksjon og kneabduksjon i en ettbens knebøy vurdert med 3D-bevegelsesanalyse hos kvinner sammenlignet med menn. Denne forskjellen i bevegelsesstrategi mellom kjønnene i en ettbens knebøy kan forklare den store forskjellen i forekomst av kneskader blant kvinner og menn (Baldon Rde et al., 2011; Graci et al., 2012). Stickler, Finley, and Gulgin (2015) så at LBT i ettbens knebøy vurdert med en 2D-videoanalyse målt ved maksimal FPPV ikke var representativ for den maksimale LBT hos friske kvinner fra 18 til 30 år. Det ble også foreslått at en vurdering av trunkus i sagittalplanet kan tilføre verdifull informasjon om bekkenets rolle i en ettbens knebøy, siden bevegelsesstrategier i bekken og trunkus virker å være kombinert (Stickler et al., 2015). Foreløpig har ingen studier undersøkt betydningen av stor LBT i ettbens knebøy og potensiell risiko for en ikke-kontakt ACL-skade. Den biomekaniske profilen til kvinnelige utøvere virker å være kompleks, og biomekaniske variabler for andre segmenter som trunkus, bekken og hofte sammen med kneleddet kan med fordel inkluderes i kartleggingen av risikofaktorer for senere ACL-skade hos kvinnelige utøvere (Alentorn-Geli et al., 2009).

## **3. Metode**

### **3.1 Studiedesign**

Masteroppgaven er basert på data fra en prospektiv kohortestudie ved Senter for idrettsskedeforskning (OSTRC) på Norges Idrettshøgskole som har pågått i perioden 2007 til 2015. Formålet med kohortestudien var å undersøke risikofaktorer for ikke-kontakt fremre korsbåndskader (ACL) hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball. Data fra 2D-videoanalysen i ettbens knebøy for både fotball- og håndballspillerne inkluderes i dette masterprosjektet.

### **3.2 Utvalg**

Alle kvinnelige håndballspillere fra Postenligaen ble i 2007 invitert til deltakelse i prosjektet (Vedlegg 1 til 2). Kvinnelige fotballspillere fra Toppserien ble inkludert fra 2009. Nye lag og spillere på elitenivå ble deretter invitert til å delta i studien i kommende sesonger, og testingen ble gjennomført før hver sesong til og med 2014. Totalt ble 813 spillere testet, hvor 396 av disse var håndballspillere og 417 var fotballspillere.

### **3.3 Kartleggingstestene**

Alle utøverne deltok på en omfattende kartlegging som inkluderte tester av biomekaniske, anatomiske, nevro-muskulære og genetiske variabler. Testingen ble gjennomført ved Norges Idrettshøgskole før sesongstart fra 2007 til 2014. Logistiske detaljer ble tilrettelagt for de inviterte klubbene etter planlegging av testdagene. Testene ble gjennomført i en forhåndsdefinert, randomisert rekkefølge, og hver utøver brukte omtrent åtte timer på å fullføre alle teststasjonene, inkludert matpause (Nilstad et al., 2014). I dette masterprosjektet har resultater fra spillernes 2D-videoanalyse av frontalplans knekontroll i ettbens knebøy blitt benyttet og vil bli beskrevet ytterligere.

### 3.3.1 Ettbens knebøy

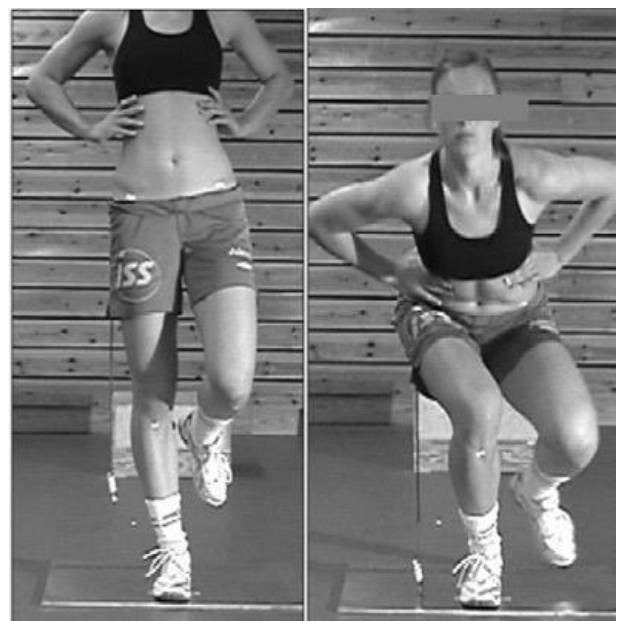
*Forberedelse:* Spillerne hadde på seg en sports-BH eller t-skjorte og shorts eller kort tights. I forkant ble spina iliaca anterior superior (SIAS) og tuberositas tibia palpert og markert med sportsteip. Utøverne ble også bedt om å bruke sine håndballsko/innendørs fotballsko til testingen, og de brukte samme skotøy til alle teststasjoner. Forut for testene fikk spillerne en gjennomgang av utførelsen, og bedt om å gjennomføre et standardisert oppvarmingsprogram. Oppvarmingen bestod av knebøy (8 repetisjoner x 2 serier), spensthopp (5 repetisjoner x 2 serier) etterfulgt av tøying av leggmuskulatur (30-60 sekunder) med både flektert og ekstendert kne.



**Figur 2.** Tilpasning av tråd med metallobjekt lateralt til hofte med 90° fleksjon i kneet.

For å sikre at alle spillerne gikk ned til 90° knefleksjon i ettbens knebøy ble de bedt om å utføre en tobens knebøy til 90° knefleksjon målt med et standardisert goniometer (GYMNA, Berlin, Tyskland). I denne posisjonen ble det tilpasset en tråd med en metallgjenstand i enden, hvor tråden ble festet lateralt og proksimalt på hoften. Tråden skulle akkurat berøre gulvet fra denne posisjonen (Figur 2).

*Utførelse:* Spillerne kunne gjennomføre to til tre forsøk i forkant av testene for å bli kjent med utførelsen. Etter oppvarming og testforsøk, ble spillerne bedt om å gjennomføre tre ettbens knebøy på både høyre og venstre ben. Testen ble gjennomført på en metallplate, hvor utøveren startet i stående posisjon på høyre eller venstre ben, for så å utføre en ettbens knebøy (Figur 3). Ved berøring av metallplaten med metallgjenstanden, som indikerte 90° knefleksjon, kunne utøveren returnere til startposisjonen. Spillerne ble instruert i å ha blikket rettet fremover og hendene plassert i siden, slik at teipbitene over SIAS ikke ble tildekket. Forsøket ble ikke godkjent om motsatt ben berørte



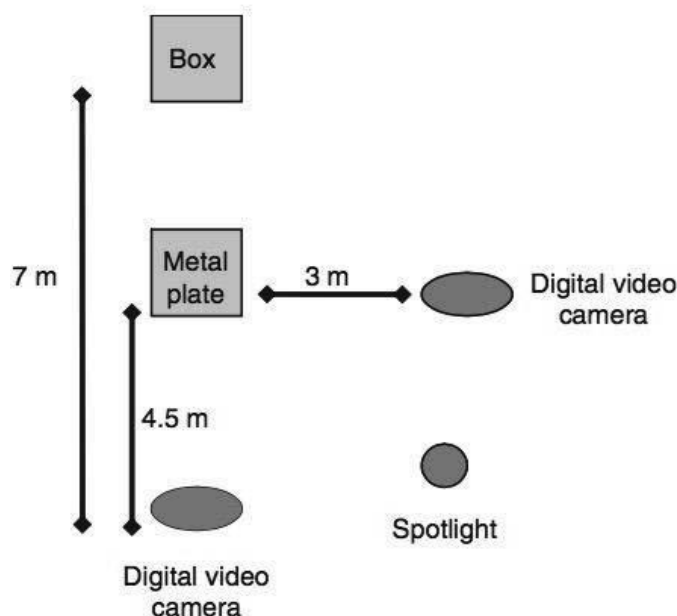
**Figur 3.** Startposisjon og 90° knefleksjon i ettbens knebøy.

platen eller standbeinet, om det frie benet var foran kroppen, hvis spilleren mistet balansen eller om metallgjenstanden ikke berørte platen. Hvis spillerne flyttet hendene fra midjen ble forsøket også underkjent. De tre siste forsøkene ble gjeldende om en spiller hadde flere enn tre godkjente forsøk.

*Inklusjon og eksklusjon:* Spillerne med minst to godkjente forsøk, høyre og venstre ben, i ettbens knebøy test ble inkludert i de endelige analysene. Analyserte spillere ble ekskludert ved feil i redigering av videofil, manglende etterfulgt testprosedyre eller ikke valid test. Spillerne med kontaktskade ble også ekskludert, siden man kun ønsket å analysere spillere med en ikke-kontakt skade. Spillerne med manglende videofil i ettbens knebøy ble ekskludert grunnet manglende analysegrunnlag.

### 3.4 Videoanalyse

*Kameraoppsett:* For å vurdere spillernes frontalplans knekontroll ved 2D-videoanalyse ble det benyttet et videokamera (NV- DS65EG; Panasonic, Kadoma, Japan). Det digitale videokameraet var plassert tre meter i forkant av spilleren, hvor bekken og underekstremiteter var synlig i frontalplanet under utførelse av ettbens knebøy (Figur 4).

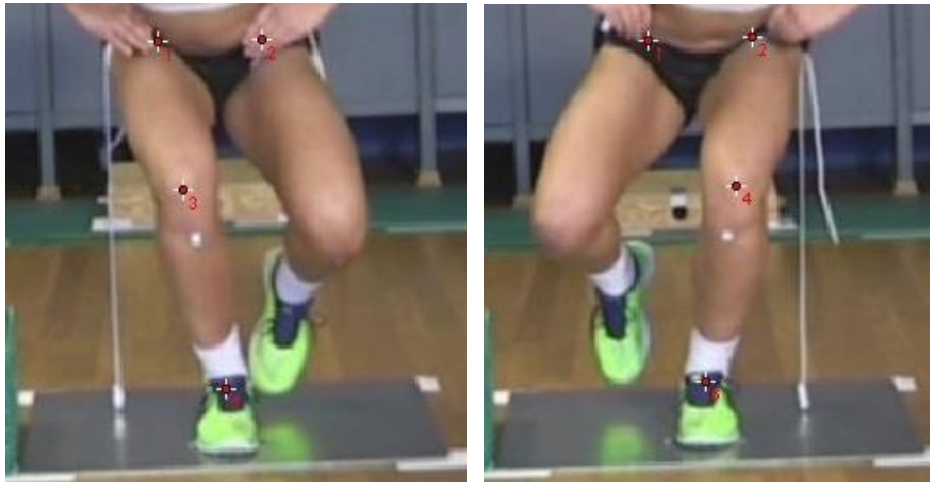


**Figur 4.** Posisjonering av kamera ved 2D-videoanalyse.  
Laget og gjengitt fra Krosshaug, T.

### 3.4.1 Prosedyre for 2D-videoanalyse

*Valg av stillbilde:* I prosedyrene for analyse ble hele videosekvensen spilt av for hver enkelt spiller. Dersom en utøver hadde flere enn tre forsøk, ble de tre siste forsøkene benyttet. I de enkelte forsøkene ble stillbildet hvor metallgjenstanden først berørte metallplaten med spiller i 90° knefleksjon valgt for analyse.

*Markørplassering:* For å regne ut variablene frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV), medial kneposisjon (MKP) og lateral bekkentilt (LBT) som mål på frontalplans knekontroll, ble koordinater kalkulert fra markører plassert i hofte-, kne- og ankelleddsenter benyttet. Disse markørene ble plassert i definerte leddsentre i hofte, kne og ankel målt ut i fra anatomiske landemerker markert med sportsteip i forkant. Hofteleddsenteret i frontalplanet (markør 1 og 2) ble estimert når spiller stod oppreist i startposisjon og ble målt 2,5 cm medalt og 5 cm distalt for spina iliaca anterior superior (SIAS) (Bell, Pedersen, & Brand, 1990). For å unngå feilmålinger i hoftemarkørene, ble disse først plassert i oppreist startposisjon, for deretter å flytte markørene til spiller var nede i 90° knefleksjon uten å endre avstanden mellom disse (Figur 3). Ved spiller i 90° knefleksjon, ble markørene justert vertikalt hvis det var bevegelse av hofte, bekken og trunkus. Kneleddsenteret (markør 3 høyre ben og 4 venstre ben) ble angitt som midtpunktet mellom laterale og mediale femurkondyl (Davis, Ounpuu, Tyburski, & Gage, 1991), og markør ble plassert når spiller var i 90° knefleksjon. Ved plassering av markører ble det tatt med i vurderingen om femur var innad- eller utadrotert og/eller abduert eller addusert. Ankelleddsenteret (markør 5 høyre ankel og 6 venstre ankel) ble definert som midtpunktet mellom laterale og mediale malleol i 90° knefleksjon (Eng & Winter, 1995), hvor mulig innadrotasjon eller utadrotasjon av tibia også ble vurdert. Fire markører måtte være synlig i stillbildet, både for høyre og venstre ben, for å kunne trekke ut ønskede koordinater for beregning av variablene FPPV, MKP og LBT (Figur 5).

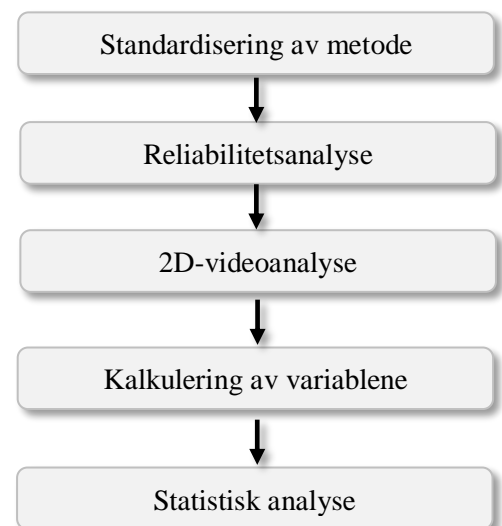


**Figur 5.** Markørplassering ved ettbens knebøy høyre side (figur til venstre) og ettbens knebøy venstre side (figur til høyre).

Når markørene var plassert i leddsentrene hofte, kne og ankel, ble 2D-målingene kalkulert i et Java basert analyseprogram, ImageJ (Versjon 1.50, National Institutes of Health, USA). I ImageJ kunne man trekke ut eksakte x og y koordinater for hver markør for å kalkulere variablene FPPV, MKP og LBT for både venstre og høyre ben. Til slutt ble valgt stillbilde lagret for analyse i form av et skjermbilde, samt x og y koordinater i en separat Excel-fil.

### 3.4.2 Prosessen for 2D-videoanalyse

Videoanalysene ble gjennomført over to runder, hvor fotballspillerne ble analysert i første periode og håndballspillerne i andre periode. I standardisering av metoden gjennomførte alle i analyseteamet en omfattende opplæring med flere testrunder for å bli samstemte om prosedyrene for 2D-videoanalyse. For å sikre god inter-tester reliabilitet gjennomførte samtlige forskere en reliabilitetsanalyse. Deretter ble hovedanalysene igangsatt hvor alle tilgjengelige videofiler ble analysert og vurdert. Til slutt ble de kalkulerte variablene overført til analyseprogrammene, og de statistiske analysene kunne igangsettes (Figur 6).

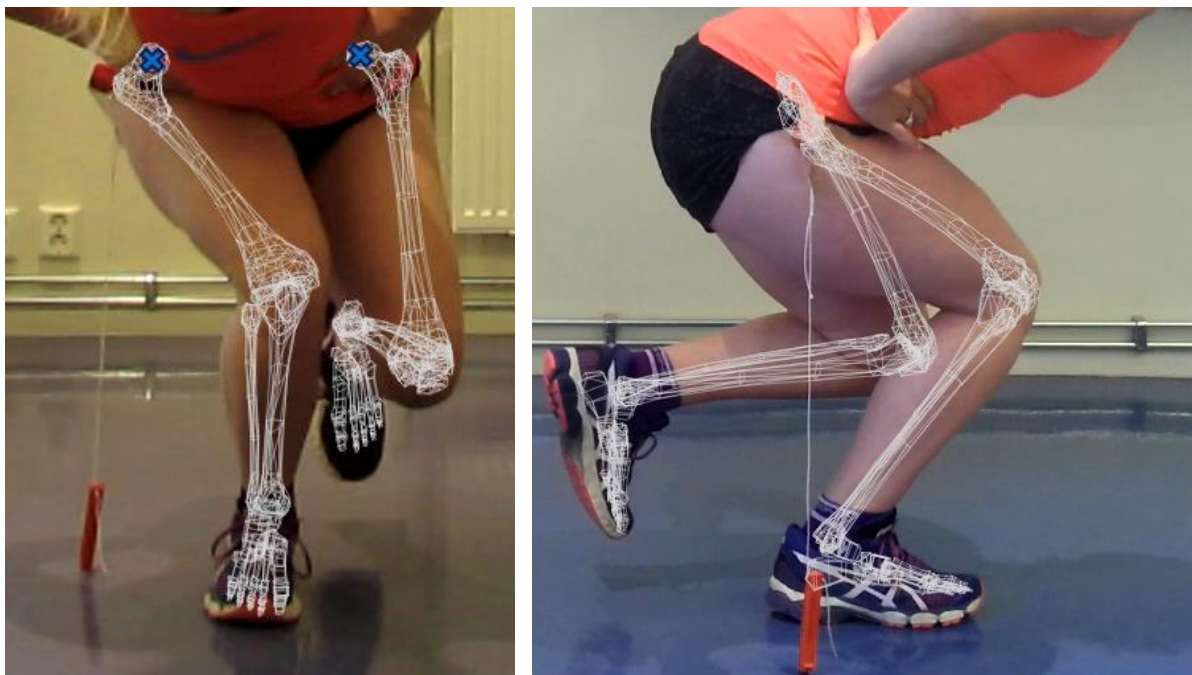


**Figur 6.** Prosessen fra standardisering av metode til statistiske analyser.

### 3.4.3 Standardisering av metode

Videoanalysene har blitt gjennomført over to perioder, med fire testere per periode. I denne runden med analyser bestod analyseteamet av en fysioterapeut med doktorgrad innen fysioterapi og tre masterstudenter innen henholdsvis idrettsvitenskap og idrettsfysioterapi.

Prosedyrene for analyse av ettbens knebøy ved 2D-videoanalyse ble utviklet gjennom konsensummøter mellom forskere og prosjektleder. Det ble avholdt totalt tre møter, hvor det ble diskutert hvordan optimalisere videoanalysen, hvor valg av stillbilde for analyse og plassering av markører i hofte-, kne- og ankelledscenter ble diskutert. Skjelettmodeller av en ettbens knebøy ble blant annet studert, for å sikre lik forståelse av markørplassering i leddsentrene (Figur 7). Totalt ble to runder pilottesting med analyse av fem spillere gjennomført med påfølgende møte, hvor formålet med pilottesting var å optimalisere standardiseringen, kvalitet og reliabilitet av videoanalysen. Ved tredje møte var konsensus oppnådd og reliabilitetsanalysen kunne iverksettes.



**Figur 7.** Skjelettmodeller for studering av bevegelse i leddsentrene under en ettbens knebøy høyre ben i frontalplanet og sagitalplanet.

### 3.4.4 Reliabilitetsanalyse

Reliabilitetsanalysene har blitt gjennomført i to omganger – i 2016 og i 2018, med 20 spillere hver gang. Spillerne ble tilfeldig trukket til reliabilitetsanalysene og analysert separat av fire uavhengige personer per analyseperiode. Variablene som ble beregnet ved ettbens knebøy var frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV), medial kneposisjon (MKP) og lateral bekkentilt (LBT). Ettbens knebøy venstre ben ble ikke inkludert i reliabilitetsanalysene. Den gjennomsnittlige målingen fra tre forsøk for hver variabel ble valgt til analyse. På bakgrunn av omfattende analysemateriale, har det blitt gjennomført to runder med videoanalyser. Reliabilitetsanalysen fra første periode viste at variablene FPPV, MKP og LBT hadde utmerket inter-tester reliabilitet (ICC = 0,77 til 0,88). Standard målefeil (SEM) var i FPPV 6,6°, MKP 3% og LBT 1,7° (Rosvoll, 2017). Samme tendens har blitt vist fra andre periode med reliabilitetsanalyser, med en utmerket inter-tester reliabilitet i FPPV og MKP (ICC = 0,93 til 0,95) og god reliabilitet i LBT (ICC = 0,72). SEM var i FPPV 1,9°, MKP 3,2% og LBT 1,5° (Orkelbog, 2018). Begge studiene rapporterte lavest ICC (0,72 til 0,77) ved LBT.

### 3.4.5 Kalkulering av variablene ved 2D-videoanalyse

I kalkuleringen av *frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV)* ble leddsentrene hofte, kne og ankel benyttet som referanse. FPPV er vinkelen dannet av linjen forbundet av leddsentrene hofte og kne og linjen forbundet av kne og ankel (Figur 8). Formelen for FPPV høyre ben var  $\beta^\circ - \alpha^\circ$  og venstre ben  $\alpha^\circ - \beta^\circ$ . Vinkelen dannet av linjen forbundet av hofte og kne og en horisontal linje ble angitt som  $\alpha^\circ$ , hvor vinkelen dannet av linjen forbundet av kne og ankel og en horisontal linje ble angitt som  $\beta^\circ$  (Figur 9). En positiv verdi i FPPV representerte knevalgus og en negativ verdi representerte knevarus. I resultater og diskusjon vil høyere eller større FPPV representere en mer positiv verdi eller større knevalgus. Formel benyttet for utregning av  $\alpha^\circ$  og  $\beta^\circ$  var:

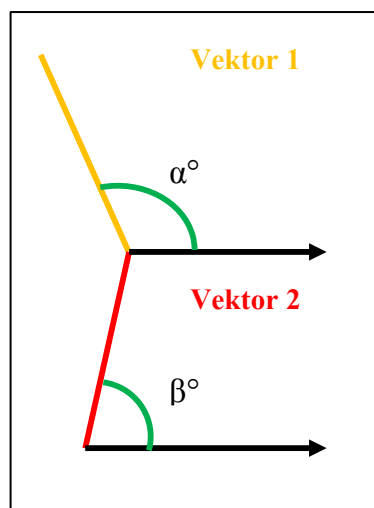
$$\alpha^\circ = \arctan (\text{vektor } 1x; \text{vektor } 1y)$$

$$\beta^\circ = \arctan (\text{vektor } 2x; \text{vektor } 2y)$$





**Figur 8.** Frontalplans projeksjonsvinkel ( $^{\circ}$ ) høyre ben.



**Figur 9.** Vektorer (1 og 2) og vinkler ( $\alpha^{\circ}$  og  $\beta^{\circ}$ ) i ettbens knebøy høyre ben.

*Medial kneposisjon (MKP)* er avstanden fra kneleddsenteret til den vertikale linjen forbundet av leddsenteret i hofte og ankel (Figur 10). For å normalisere høyden på den vertikale linjen mellom hofte- og ankelleddsenter ble mål på benlengden fra hælenes første kontakt med gulvet i tobens fallhopp benyttet (Figur 12). En positiv verdi i MKP representerte knevalgus, hvor en negativ verdi representerte knevarus. I resultater og diskusjon vil større eller høyere MKP representere en mer positiv verdi eller større knevalgus.

For å regne ut MKP, ble avstanden målt i piksler brukt. Først ble den vinkelrette avstanden kalkulert, angitt som MKP\_piksel, fra kneleddsenteret til linjen som forbinder hofte- og ankelleddsenteret i piksler (Figur 11). Formelen for MKP\_piksel for høyre ben var:

$$MKP\_piksel = \frac{((5x - 1x) * (1y - 3y)) - ((1x - 3x) * (5y - 1y))}{\sqrt{(5x - 1x)^2 + (5y - 1y)^2}}$$



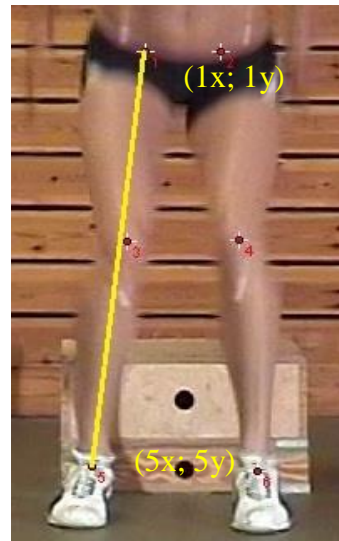
**Figur 10.** Medial kneposisjon (%).

Videre ble hvor mange prosent av benlengden MKP\_piksel var i forhold til spillerens benlengde kalkulert. Her ble pikselavstand fra hofte- til ankelleddsenter ved første kontakt i tobens fallhopp som spillerens lengde på benet benyttet, siden det ikke forelå nøyaktige mål på benlengden (Figur 12). Formelen for MKP\_% høyre ben var:

$$MKP\_ \% = \frac{MKP_{\text{piksel}}}{\text{Avstand FK tobens fallhopp } (1y - 5y)} * 100$$



**Figur 11.** Koordinater (x; y) for leddmarkører hofte, kne og ankel i en ettbens knebøy høyre ben.



**Figur 12.** Koordinater (x; y) for leddmarkører hofte og ankel ved første kontakt tobens fallhopp, benyttet til å kalkulere benlengde i piksler.

For å kalkulere benlengden for MKP første forsøk i ettbens knebøy, ble koordinater fra første forsøk ved første kontakt med underlaget i tobens fallhopp brukt. Koordinater fra andre forsøk første kontakt med underlaget i tobens fallhopp ble brukt i andre forsøk ettbens knebøy. Samme prosedyre ble gjennomført for forsøk tre. Det ble ved flere tilfeller observert at spillere landet ulikt i de tre forsøkene ved første kontakt med underlaget i tobens fallhopp. Dette medførte ulike avstander fra hofte- til ankelleddsenter, og benlengden i de tre forsøkene ble forskjellig. Hvis en spiller landet dypere i ett av forsøkene, ble benlengden kortere for dette forsøket. Kortere benlengde vil medføre et lavere tall i formelen og dermed større MKP (%). I et tidligere masterprosjekt av Þórarinsdóttir (2018) fra samme forskergruppe, så de om dette hadde en stor innvirkning på beregning av MKP. Den alternative metoden gikk ut på å velge det forsøket med størst avstand mellom hofte- og ankelleddsenter i kalkuleringen av MKP i alle tre forsøkene i ettbens knebøy. I sammenligningen av disse to metodene fant de en

ubetydelig forskjell på 0,19 % (Þórarinsdóttir, 2018). Det ble derfor besluttet å ta i bruk aktuelle metode, hvor koordinatene fra første forsøk første kontakt med underlaget i en tobens fallhopp ble benyttet i beregning av MKP første forsøk ettbens knebøy.

*Lateral bekkentilt (LBT)* er vinkelen mellom linjen fra hoftelddsmarkør 1 og 2 og en horisontal linje trukket gjennom markør 2 ved ettbens knebøy høyre ben (Figur 13). Ved ettbens knebøy venstre ben ble den horisontale linjen trukket gjennom markør 1. Utregning av LBT høyre side var  $180^\circ - \theta^\circ$ , hvor venstre side var  $\theta^\circ + 180^\circ$ . Formelen for  $\theta^\circ$  var:

$$\theta = \arctan(\text{vektor } 3x; \text{vektor } 3y)$$

En positiv verdi i LBT representerte fall i bekkenet kontralateralt, hvor en negativ verdi representerte kontralateral elevasjon av bekkenet. I resultat og diskusjon vil større eller høyere LBT representere en mer positiv verdi eller større kontralateral fall i bekkenet.

I *validering av utregningene* i FPPV, MKP og LBT, ble disse sammenlignet med målte vinkler og distanser i stillbildet valgt til analyse i MB-ruler (The Triangular Screen Ruler, versjon 4.0) hos seks tilfeldig utvalgte spillere.

### 3.5 Statistisk protokoll

Totalt 629 kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball hadde komplette data fra to eller tre gyldige forsøk ved 2D-videoanalysen i ettbens knebøy. Deriblant ble tre spillere med ikke-kontakt ACL-skade med minst to godkjente forsøk på skadet ben inkludert. De deskriptive og univariante analysene ble gjennomført i SPSS versjon 24.0 (SPSS, Armonk, New York), hvor utregninger ble gjort i Excel. For kontrollering av normalfordeling i de uavhengige variablene (FPPV, MKP og LBT), ble Kolmogorow-Smirnov test benyttet. Det ble tatt utgangspunkt i sentralgrenseteoremet, siden utvalgsstørrelsen var stor, og det ble derfor valgt parametriske tester i samtlige analyser. Deskriptive data ble presentert med gjennomsnitt og standardavvik (SD), hvor kategoriske variabler ble angitt med antall og prosent. Hos spillere med flere enn



**Figur 13.** Lateral bekkentilt ( $^\circ$ ) i ettbens knebøy høyre ben.

én ACL-skade etter baseline testing, ble første ikke-kontakt ACL-skade inkludert og benyttet som utfallsmål i analysene. Spillere ( $n = 629$ ) eller ben ble angitt som enhet ( $n = 1238$ ). I de univariate analysene med ben som enhet, ble det justert for benavhengighet ved å doble datasettet med antall spillere, slik at første halvpart var høyre ben og andre halvpart venstre ben. Dominant ben ble definert som foretrukne ben å sparke en ball med (Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016).

Følgende tre uavhengige variabler ble inkludert som potensielle risikofaktorer for ny ACL-skade: frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV), medial kneposisjon (MKP) og lateral bekkentilt (LBT), målt ved  $90^\circ$  knefleksjon høyre og venstre ben i ettbens knebøy. Kun tre variabler ble inkludert for å sikre høy statistisk styrke. I analysene ble det benyttet et gjennomsnitt av minst to godkjente forsøk på både høyre og venstre ben i FPPV, MKP og LBT. Det ble undersøkt om det potensielt var stor differanse mellom de enkelte forsøkene i variablene FPPV, MKP og LBT, da dette potensielt kan påvirke validiteten i resultatene. Deskriptive analyser på differansen mellom første og siste forsøk, høyre og venstre ben hver for seg, i de uavhengige variablene FPPV, MPK og LBT innad hos hver enkelt spiller, ble derfor gjennomført. Resultatene ble presentert med gjennomsnittlig differanse (SD) og maksimale målte differanse.

I de univariate analysene ble demografiske data som alder (år), høyde (cm), vekt (kg) og KMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), samt tidligere ACL-skade selvrapportert med spørreskjema sammenlignet mellom ACL-skadede og uskadede spillere. Det ble benyttet en uavhengig t-test ved kontinuerlige data og kji-kvadrat test ved kategoriske data. Odds ratio (OR) ble også kalkulert, med 95 % konfidensintervall (KI) for spillere med og uten tidligere ACL-skade. For å avdekke forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben innad hos de skadede og uskadede spillerne, ble det benyttet en paret t-test, hvor antall spillere var enhet. Ved undersøkelse av forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom skadede og uskadede spillere, ble ben benyttet som enhet. Materialet ble justert for benavhengighet, og en uavhengig t-test mellom skadede og uskadede ben ble gjennomført. Samme uavhengige t-test ble utført på høyeste målte verdi i FPPV, MKP og LBT hos spillerne for å se om forskjellene i variablene mellom skadede og uskadede ben endret seg nevneverdig. Utfallsmål i de univariate analysene var ny ikke-kontakt ACL-skade, og de uavhengige variablene FPPV, MKP og LBT ble sammenlignet. I samtlige univariate analyser ble det justert for idrett. P-verdier  $\leq 0,05$  ble ansett som statistisk signifikant.

For å unngå inkludering av høyt korrelerte variabler i samme regresjonsmodell, ble en korrelasjonsanalyse mellom de uavhengige variablene FPPV, MKP og LBT utført. Pearsons (r) korrelasjonstest ble benyttet for å finne korrelasjonskoeffisienten, klassifisert som: sterk (>0,70), moderat (0,45 til 0,70), svak (0,20 til 0,45) eller ingen korrelasjon (< 0,20) (Fallowfield, Hale, & Wilkinson, 2005). To av tre variabler viste sterk korrelasjon (> 0,70), og det ble derfor vi gjennomført tre separate multivariate logistiske regresjonsanalyser.

De multivariate analysene ble utført i STATA versjon 12.0 (StataCorp, College station TX). En predefinert statistisk protokoll som har blitt benyttet i tidligere studier fra samme forskergruppe (Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016) ble fulgt. Antall ben ble benyttet som enhet med ny ACL-skade som utfallsmål. Tre separate logistiske regresjonsmodeller ble gjennomført, en for hver variabel FPPV, MKP og LBT. Samtlige regresjonsmodeller inneholdt samme justeringsfaktorer for å kompensere for potensielle konfunderende faktorer som kan påvirke risiko for skade: Idrett (håndball/fotball), dominant ben (høyre/venstre), høyde (cm), vekt (kg) og tidligere ACL-skade (ja/nei). OR verdiene ble justert og standardisert, noe som tilsvarte den økte risikoen forbundet med ett standardavviks endring (1-SD endring) i variabelen. Det ble kalkulert et standardisert justert OR per 1 SD endring med tilhørende 95 % KI i Excel på bakgrunn av talldata fra STATA (versjon 12.0).

Formelen for utregning av 1 SD endring i variabel var:

$$1 \text{ SD endring i variabel} = \frac{\text{Originalverdi variabel}}{\text{SD av variabel}}$$

Formelen for utregning av standardisert justert OR var:

$$\text{Standardisert justert OR} = \text{Ustandardisert OR} \wedge 1 \text{ SD endring i variabel}$$

Samme prosedyre med tre separate logistiske regresjonsanalyser ble gjennomført på høyeste registrerte verdi i variablene FPPV, MKP og LBT. Ben ble angitt som enhet og ny ACL-skade som utfallsmål. I samtlige multivariate analyser ble p-verdier  $\leq 0,05$  ansett som statistisk signifikant.

### **3.6 Skaderegistrering**

Alle komplette ACL-skader oppstått hos testede spillere har blitt registrert fra oppstart i 2007 til mai 2015. Ved skade i kamp eller trening ble samtlige skadde spillere kontaktet via telefon for å innhente medisinske data og beskrivelse av skadesituasjonen. Alle ACL-skadene ble verifisert på MR og/eller artroskopisk undersøkelse. Skadene ble deretter kategorisert i to grupper; ikke-kontakt/indirekte kontakt eller kontakt skade. Indirekte kontakt skade ble definert som kontakt mot kroppen utenom underekstremitetene, hvor en ikke-kontakt skade ble definert som ingen kontakt med andre spillere (Olsen et al., 2004). Det ble totalt registrert 80 ACL-skader, hvorav 64 ble registrert som ikke-kontakt/indirekte kontakt ACL-skade.

### **3.7 Etske aspekter**

Prosjektet er godkjent av Regionale komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst) (Vedlegg 3) og Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD) (Vedlegg 4). Deltakende spillere signerte samtykkeskjema før inklusjon i studien (Vedlegg 1), inkludert samtykke fra foreldre for spillere < 18 år (Vedlegg 2). Samtykkeskjemaet ga informasjon om fordeler og ulemper ved å delta i forskningsprosjektet. Spillerne fikk også beskjed om at de kunne trekke seg fra studien når de måtte ønske, uten at det skulle få negative konsekvenser i etterkant. Spillerne fikk også dekket en spesifikk forsikring hvis skade oppsto under testingen (0398160/DnB NOR).

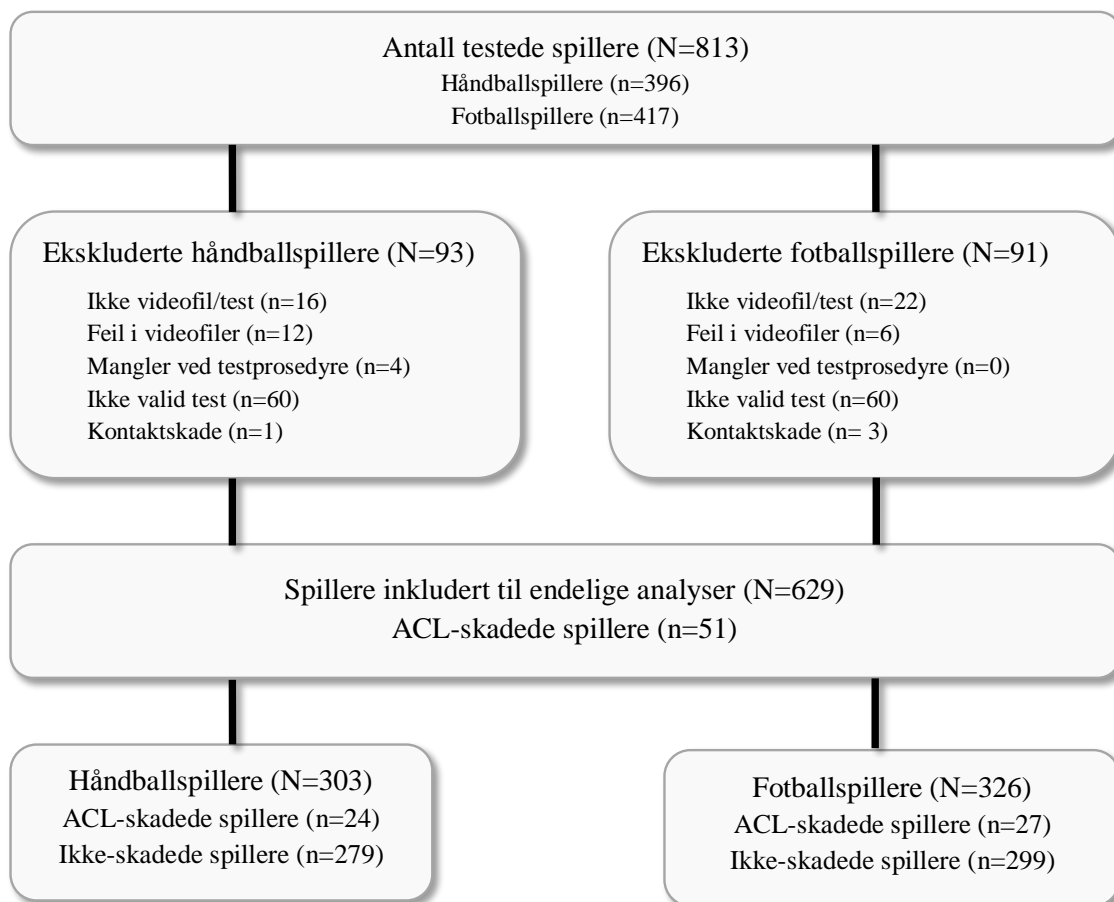
### **3.8 Oppbevaring av data**

Innsamlede data oppbevares i en låst database hvor et fåtall personer i prosjektet har tilgang til disse dataene, da disse dataene er linket til spillernes navn og id-nummer. Datamaterialet og filer for denne masteroppgaven lagres på ekstern harddisk og/eller datamaskin med passord og brukernavn. Datamaterialet og filer ble i etterkant av analysene slettet fra benyttet datamaskin.

## 4. Resultater

### 4.1 Spillerkarakteristika og skadehistorikk

Totalt 629 spillere (326 fotballspillere og 303 håndballspillere), hadde minst to godkjente forsøk for både høyre og venstre ben i ettbens knebøy, og ble dermed inkludert i de endelige analysene (Figur 15). Tre spillere med ikke-kontakt ACL-skade med minst to godkjente forsøk i skadet ben ble også inkludert i dette utvalget. Spillerne var i gjennomsnitt  $21,4 \pm 3,9$  år ved testing (høyde  $169,3 \pm 6,3$  cm, vekt  $65,7 \pm 7,8$  kg og KMI  $22,9 \pm 2,1$ ) (Tabell 1). Fra første inklusjon i juni 2007 til og med mai 2015 ble det registrert totalt 80 ACL-skader, hvorav 64 var skader fra håndball- og fotballaktivitet registrert som ikke-kontakt/indirekte kontakt ACL-skade. Det har i dette prosjektet kun blitt inkludert første skade for spillere som har fått flere enn én skade ( $n = 12$ ). Totalt 51 ikke-kontakt ACL-skader ble inkludert til de endelige analysene, siden 13 av 64 ikke-kontakt ACL-skader ble ekskludert grunnet feil eller ikke valid test. Demografiske data og skadehistorikk for hele utvalget er presentert i Tabell 1.



**Figur 14.** Flytskjema over inkluderte og ekskluderte utøvere.

**Tabell 1.** Demografiske data og skadehistorikk for spillere med ACL-skade (n=51) og uten ACL-skade (n=578).

|                                       |          | Alle spillere<br>N=629 | Spillere med ACL-skade<br>n= 51 | Spillere uten ACL-skade<br>n=578 | P            |
|---------------------------------------|----------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Alder (år)                            | Fotball  | 19,8 (4,0)             | 20,5 (3,1)                      | 21,0 (4,0)                       | 0,536        |
|                                       | Håndball | 20,7 (3,9)             | 21,1 (4,0)                      | 21,8 (3,9)                       | 0,393        |
|                                       | Totalt   | 21,4 (4,0)             | 20,8 (3,5)                      | 21,4 (4,0)                       | 0,294        |
| Høyde (cm) <sup>a</sup>               | Fotball  | 167,5 (5,4)            | 167,9 (5,7)                     | 167,1 (5,3)                      | 0,439        |
|                                       | Håndball | 171,5 (6,5)            | 172,7 (7,5)                     | 171,5 (6,4)                      | 0,393        |
|                                       | Totalt   | 169,3 (6,3)            | 170,1 (7,0)                     | 169,2 (6,3)                      | 0,308        |
| Vekt (kg) <sup>a</sup>                | Fotball  | 62,6 (7,1)             | 65,0 (6,4)                      | 63,1 (7,1)                       | 0,186        |
|                                       | Håndball | 67,7 (7,7)             | 69,9 (9,4)                      | 68,2 (7,5)                       | 0,283        |
|                                       | Totalt   | 65,7 (7,8)             | 67,3 (8,2)                      | 65,6 (7,7)                       | 0,123        |
| KMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>b</sup> | Fotball  | 22,5 (2,2)             | 23,1 (2,2)                      | 22,6 (2,2)                       | 0,282        |
|                                       | Håndball | 23,1 (2,0)             | 23,4 (1,7)                      | 23,2 (2,0)                       | 0,643        |
|                                       | Totalt   | 22,9 (2,1)             | 23,2 (2,0)                      | 22,9 (2,1)                       | 0,276        |
| Tidligere ACL-skade                   | Fotball  | 24                     | 5                               | 19                               | <b>0,037</b> |
|                                       | Håndball | 28                     | 6                               | 22                               | <b>0,015</b> |
|                                       | Totalt   | 52                     | 11                              | 41                               | <b>0,002</b> |

Data er presentert med gjennomsnitt (SD). P-verdier vist ved univariate sammenligninger mellom spillere med og uten en ikke-kontakt ACL-skade. Signifikante verdier uthevet ( $p < 0,05$ ). <sup>a</sup>Tre spillere manglet data for høyde (cm) og vekt (kg). <sup>b</sup>Tre spillere manglet data på kroppsmasseindeks (kg/m<sup>2</sup>).

## 4.2 Differanse mellom forsøkene i variablene FPPV, MKP og LBT

Største differanse ble observert mellom første og siste forsøk i FPPV høyre ben (47,7°). Forskjellene var ikke signifikante for variablene FPPV (°) og MKP (%). Det var derimot signifikante forskjeller mellom forsøkene for LBT (°), både høyre og venstre ben ( $p < 0,05$ ).

**Tabell 2.** Differanse mellom første og siste forsøk ettbens knebøy for variablene FPPV, MKP og LBT.

|                      |         | Alle spillere, N = 626 <sup>a</sup> |                              |
|----------------------|---------|-------------------------------------|------------------------------|
|                      |         | Gj.snitt (SD)                       | Maksimal absolutt differanse |
| FPPV (°)             | Høyre   | 0,15 (7,6)                          | 47,74                        |
|                      | Venstre | 0,21 (7,4)                          | 28,14                        |
| MPK (%)              | Høyre   | -0,03 (3,5)                         | 26,76                        |
|                      | Venstre | 0,19 (3,5)                          | 15,85                        |
| LBT (°) <sup>b</sup> | Høyre   | -0,37 (3,3)                         | 19,29                        |
|                      | Venstre | -0,29 (3,1)                         | 20,97                        |

Data er presentert med gjennomsnitt (SD) mellom første og siste forsøk hos alle inkluderte spillere. Største målte differanse mellom første og siste forsøk er angitt som maksimal absolutt differanse. <sup>a</sup>Tre spillere manglet data for enten høyre eller venstre ben. <sup>b</sup> $P < 0,05$ . Positive verdier representerer knevalgus og kontralateral fall i bekkenet (+), negative verdier representerer knevarus og kontralateral elevasjon i bekkenet (-). FPPV = frontalplans projeksjonsvinkel (°), MKP = medial kneposisjon (%) og LBT = lateral bekkentilt (°).



### 4.3 Korrelasjon mellom variablene FPPV, MKP og LBT

En sterk positiv korrelasjon ble funnet mellom de to variablene som beskriver frontalplans knevalgus; FPPV og MKP ( $r = 0,951$ ,  $p < 0,000$ ). Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom LBT og MKP ( $r = -0,060$ ,  $p = 0,032$ ) eller LBT og FPPV ( $r = 0,042$ ,  $p = 0,133$ ).

### 4.4 Univariate risikoanalyser

#### 4.4.1 Demografiske data og skadehistorikk

Spillere med en ny ACL-skade var ikke signifikant forskjellige fra de ikke ACL-skadede spillerne for variablene alder (år), høyde (cm), vekt (kg) og KMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ( $p > 0,05$ ). Dette var også tilfellet når det ble differensiert mellom håndball- og fotballspillerne (Tabell 1). Man så derimot signifikante forskjeller mellom skadede og ikke skadede spillere ved tidligere ACL-skade ( $p = 0,002$ ). Hver femte spiller med en tidligere ACL-skade fikk en ny ACL-skade i løpet av oppfølgingstiden ( $n = 11$ , 21,6 %). Odds ratio (OR) for en ny ikke-kontakt ACL-skade blant spillerne med en tidligere ACL-skade sammenlignet med de uten ACL-skade fra tidligere var 3,6 (95 % KI = 1,72 til 7,54,  $p = 0,002$ ). Det var ingen forskjell ved justering for idrett ( $p < 0,05$ ) (Tabell 3).

**Tabell 3.** Odds ratio (OR) for ny ACL-skade hos spillere med tidligere ACL-skade ( $n = 52$ ).

|              | Tidligere ACL-skade |           | Odds ratio |        |                |
|--------------|---------------------|-----------|------------|--------|----------------|
|              | Nei, n (%)          | Ja, n (%) | OR         | 95% KI |                |
| Ny ACL-skade | Fotball             | 19 (6,4)  | 5 (18,5)   | 3,35   | 1,14 til 9,83  |
|              | Håndball            | 22 (7,9)  | 6 (25,0)   | 3,89   | 1,40 til 10,81 |
|              | Totalt              | 41 (7,1)  | 11 (21,6)  | 3,60   | 1,72 til 7,54  |

Antall (%) ACL-skadede spillere med og uten tidligere ACL-skade, totalt og justert for idrett. Odds ratio presentert som OR med tilhørende 95% KI.

#### 4.4.2 Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom ACL-skadede og uskadede ben

Signifikante forskjeller i FPPV ( $p = 0,022$ ) og MKP ( $p = 0,028$ ) ble observert mellom ACL-skadede og uskadede ben i det totale utvalget. I de uskadede ben var FPPV gjennomsnittlig  $3,0^\circ$  større enn hos skadede ben, noe som tilsvarer større knevalgus. Samme signifikante forskjell ble sett ved MKP, hvor uskadede ben var 1,32% større enn hos skadede ben. De observerte forskjellene var ikke lengre signifikante ved justering for idrett (Tabell 4). Det var ingen forskjell mellom skadede og uskadede ben i analyser av høyeste registrerte verdi i FPPV, MKP og LBT totalt eller justert for idrett ( $p > 0,05$ ). Uskadede ben hadde fortsatt større knevalgus (FPPV og MKP), men forskjellene var mindre og ikke signifikante.

Tabell 4. Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom ACL-skadede og uskadede ben ( $N = 1258$ ).

| Variablene        | Alle spillere       |                     |              | Fotballspillere |                    |       | Håndballspillere |               |       |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------|-----------------|--------------------|-------|------------------|---------------|-------|
|                   | ACL-skadede ben     | Uskadede ben        | P            | ACL-skadede ben | Uskadede ben       | P     | ACL-skadede ben  | Uskadede ben  | P     |
|                   | n=51                | n=1206 <sup>a</sup> |              | n=27            | n=624 <sup>a</sup> |       | n=24             | n= 582        |       |
|                   | Gj.snitt (SD)       | Gj.snitt (SD)       |              | Gj.snitt (SD)   | Gj.snitt (SD)      |       | Gj.snitt (SD)    | Gj.snitt (SD) |       |
| FPPV ( $^\circ$ ) | <b>5,67 (11,14)</b> | <b>8,67 (9,08)</b>  | <b>0,022</b> | 4,77 (9,44)     | 8,10 (9,03)        | 0,062 | 6,68 (12,92)     | 9,28 (9,10)   | 0,337 |
| MKP (%)           | <b>2,52 (5,01)</b>  | <b>3,84 (4,13)</b>  | <b>0,028</b> | 2,19 (4,42)     | 3,84 (4,34)        | 0,054 | 2,90 (5,68)      | 3,84 (3,90)   | 0,431 |
| LBT ( $^\circ$ )  | 4,22 (4,66)         | 4,93 (5,15)         | 0,336        | 3,84 (5,22)     | 5,47 (5,46)        | 0,131 | 4,65 (4,01)      | 4,36 (4,73)   | 0,762 |

Data er justert for avhengighet mellom benene og presentert med gjennomsnitt (SD). Uskadede ben omfattet uskadet ben hos de skadede spillerne og begge ben hos de uskadede spillerne. <sup>a</sup>Ett ben hadde ingen godkjente forsøk ved ettbens knebøy uskadet ben og manglet data. Signifikante verdier uthevet ( $p < 0,05$ ). Positive verdier representerer knevalgus og kontralateral fall i bekkenet (+), negative verdier representerer knevarus og kontralateral elevasjon i bekkenet (-). FPPV = frontalplans projeksjonsvinkel ( $^\circ$ ), MKP = medial kneposisjon (%) og LBT = lateral bekkentilt ( $^\circ$ ).

#### **4.4.3 Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben**

Ved sammenligning av ny ACL-skade i dominant ( $n = 22$ ) og ikke-dominant ben ( $n = 29$ ), så man at 56,9 % fikk en ny ACL-skade i deres ikke-dominante ben. Det var ingen forskjeller i skaderisiko mellom dominant og ikke-dominant ben ( $p = 0,332$ ). Ved justering for idrett, ble det observert at 63 % skadet ikke-dominant ben i fotball og 50 % skadet ikke-dominant ben i håndball. Ingen signifikante forskjeller ble funnet ved justering for idrett.

Det ble også funnet forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben innad i gruppene ACL-skadede og uskadede spillere (Tabell 5). Hos de ACL-skadede ben, så man kun forskjeller hos fotballspillerne, hvor FPPV i dominant ben var  $4,13^\circ$  større sammenlignet med ikke-dominant ben ( $p = 0,044$ ). I uskadede ben ble det funnet forskjeller mellom dominant og ikke-dominant ben for både FPPV ( $p = 0,005$ ) og MKP ( $p = 0,039$ ) i det totale utvalg. Ved justering for idrett hadde fotballspillerne signifikant større FPPV ( $p = 0,005$ ) og MKP ( $p = 0,026$ ) i dominant ben sammenlignet med ikke-dominant ben. De samme forskjellene ble imidlertid ikke funnet hos håndballspillerne. For LBT, ble det ikke funnet forskjeller mellom dominant og ikke-dominant ben, verken totalt eller justert for idrett.

**Tabell 5.** Forskjeller i variablene FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben innad hos de ACL-skadede og uskadede spillerne (N = 618).

|          |                 | ACL-skadede spillere, n = 50 <sup>a</sup> |                   |                     | Uskadede spillere, n = 568 <sup>b</sup> |                   |                     |
|----------|-----------------|---|-------------------|---------------------|---|-------------------|---------------------|
|          |                 | Dominant ben                              | Ikke-dominant ben |                     | Dominant ben                            | Ikke-dominant ben |                     |
|          |                 | Gj.snitt (SD)                             | Gj.snitt (SD)     | Δ (P)               | Gj.snitt (SD)                           | Gj.snitt (SD)     | Δ (P)               |
| FPPV (°) | <i>Fotball</i>  | 7,80 (7,45)                               | 3,67 (9,04)       | <b>4,13 (0,044)</b> | 9,06 (9,28)                             | 7,40 (8,79)       | <b>1,66 (0,005)</b> |
|          | <i>Håndball</i> | 5,07 (10,36)                              | 6,68 (11,16)      | -1,61 (0,441)       | 9,73 (9,85)                             | 9,18 (8,38)       | 0,56 (0,315)        |
|          | <i>Total</i>    | 6,49 (8,98)                               | 5,11 (10,12)      | 1,38 (0,349)        | 9,38 (9,55)                             | 8,25 (8,64)       | <b>1,13 (0,005)</b> |
| MKP (%)  | <i>Fotball</i>  | 3,52 (3,47)                               | 1,70 (4,28)       | 1,82 (0,054)        | 4,22 (4,39)                             | 3,60 (4,33)       | <b>0,63 (0,026)</b> |
|          | <i>Håndball</i> | 2,07 (4,29)                               | 3,04 (5,18)       | -0,98 (0,256)       | 3,96 (4,17)                             | 3,83 (3,66)       | 0,13 (0,563)        |
|          | <i>Total</i>    | 2,82 (3,91)                               | 2,34 (4,73)       | 0,48 (0,459)        | 4,10 (4,29)                             | 3,71 (4,02)       | <b>0,39 (0,033)</b> |
| LBT (°)  | <i>Fotball</i>  | 5,37 (3,55)                               | 4,20 (5,43)       | 1,17 (0,369)        | 5,56 (5,49)                             | 5,37 (5,62)       | 0,19 (0,614)        |
|          | <i>Håndball</i> | 4,84 (4,41)                               | 4,82 (3,83)       | 0,02 (0,980)        | 4,55 (4,73)                             | 4,02 (4,81)       | 0,52 (0,122)        |
|          | <i>Total</i>    | 5,12 (3,96)                               | 4,50 (4,69)       | 0,62 (0,473)        | 5,08 (5,16)                             | 4,73 (5,29)       | 0,35 (0,169)        |

*Dominant og ikke-dominant ben er presentert med gjennomsnitt (SD). Forskjell mellom benene ble angitt med gjennomsnittlig differanse (Δ, p-verdi). Negative verdier betegnet større knevalgus, ved FPPV eller MKP. Positive verdier ved LBT betegner fall i bekkenet kontralateralt. Signifikante verdier uthevet (p < 0,05). <sup>a</sup>En spiller manglet data i variablene FPPV, MKP og LBT på uskadet ben. <sup>b</sup>Ti spillere manglet data på dominant ben. Positive verdier representerer knevalgus og kontralateral fall i bekkenet (+), negative verdier representerer knevarus og kontralateral elevasjon i bekkenet (-). FPPV = frontalplans projeksjonsvinkel (°), MKP = medial kneposisjon (%) og LBT = lateral bekkentilt (°).*

## 4.5 Multivariate risikoanalyser

Resultatene viste at tidligere ACL-skade var signifikant assosiert med høyere risiko for en ny ACL-skade (54-57 %,  $p < 0,000$ , 95 % KI = 1,31 til 1,85). Ingen av variablene, FPPV ( $^{\circ}$ ), MKP (%) og LBT ( $^{\circ}$ ), var signifikant assosiert med en ny ACL-skade justert for faktorene idrett, dominant ben, vekt, høyde og tidligere skade i de tre separate logistiske regresjonsanalyser (Tabell 6). Standardisert justert OR (+ 1SD endring) i variablene var 0,74 i FPPV og MKP, og 0,89 i LBT. Analyser av høyeste registrerte verdi i FPPV, MKP og LBT hos hver spiller viste ingen signifikant assosiasjon med risiko for en ny ACL-skade ( $p > 0,05$ ).

**Tabell 6.** Standardisert OR (per 1-SD endring) i hver variabel. Basert på tre separate logistiske regresjonsanalyser med ben som enhet, høyre og venstre kombinert ( $n = 1233$ ), og ny ACL-skade som utfallsmål.

| Variablene          | jOR              | Justeringsfaktorer |                  |                  |                  | Tidligere ACL-skade     |
|---------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
|                     |                  | Idrett             | Dominant ben     | Vekt             | Høyde            |                         |
| FPPV ( $^{\circ}$ ) | 0,74 (0,52-1,05) | 0,90 (0,65-1,26)   | 0,75 (0,54-1,05) | 1,18 (0,87-1,61) | 1,08 (0,74-1,58) | <b>1,54 (1,31-1,82)</b> |
| MKP (%)             | 0,74 (0,52-1,07) | 0,89 (0,64-1,25)   | 0,75 (0,54-1,05) | 1,19 (0,87-1,62) | 1,07 (0,73-1,56) | <b>1,55 (1,31-1,82)</b> |
| LBT ( $^{\circ}$ )  | 0,89 (0,69-1,15) | 0,88 (0,63-1,22)   | 0,74 (0,53-1,03) | 1,16 (0,85-1,60) | 1,07 (0,73-1,58) | <b>1,57 (1,33-1,85)</b> |

Data presentert med standardisert justert OR (jOR) per 1-SD endring i variabel og 95% KI i parentes.

Analysene ble justert for effektene av faktorene idrett, dominant ben, vekt, høyde og tidligere ACL-skade. Totalt 25 ben ble ekskludert grunnet manglende info angående dominant ben ( $n=20$  ben) eller manglet data ved variablene FPPV, MKP og LBT og/eller justeringsfaktorer ( $n = 5$ ). Signifikante verdier uthevet ( $p < 0,05$ ). FPPV = frontalplans projeksjonsvinkel ( $^{\circ}$ ), MKP = medial kneposisjon (%) og LBT = lateral bekkentilt ( $^{\circ}$ ).

## 5. Diskusjon

I denne studien var formålet å undersøke om frontalplans knekontroll, målt med variablene frontalplans projeksjonsvinkel (FPPV), medial kneposisjon (MKP) og lateral bekkentilt (LBT), under en ettbens knebøy kan assosieres med forhøyet risiko for fremre korsbåndskade (ACL) hos kvinnelige eliteutøvere innen håndball og fotball.

Resultatene viser at ingen av variablene FPPV (OR = 0,74, 95 % KI = 0,52 til 1,05), MKP (OR = 0,74, 95 % KI = 0,52 til 1,07) eller LBT (OR = 0,89, 95 % KI = 0,69 til 1,15) i en ettbens knebøy kan assosieres med økt risiko for senere ACL-skade. Tidligere ACL-skade kan derimot assosieres med økt risiko for en ny ACL-skade, med 3,6 ganger høyere odds for en ny ACL-skade (OR = 3,6, 95 % KI = 1,72 til 7,54,  $p = 0,002$ ).

Ved sammenligning av ACL-skadede og uskadede ben var FPPV ( $3,0^\circ$ ) og MKP (1,32%) signifikant større i uskadede ben totalt. Etter justering for idrett, fant man imidlertid ingen signifikante forskjeller. Kun fotballspillerne disponerte signifikant større FPPV ( $4,13^\circ$ ) i dominant ben i ACL-skadet gruppe, og blant fotballspillerne så man også signifikant større FPPV ( $1,66^\circ$ ) og MKP (0,63%) i dominant ben i uskadet gruppe. Signifikante funn ble ikke observert i LBT.

### 5.1 Frontalplans knevalgus og økt risiko for ACL-skade

I litteraturen har det blitt antydnet at frontalplans knevalgus i ettbens knebøy kan være relatert til skaderisiko, og det har blitt etterlyst forskning for å studere disse assosiasjonene (Mauntel et al., 2014; Munro et al., 2012; Willson et al., 2006). Resultatene fra dette prosjektet viste ingen signifikant assosiasjon mellom frontalplans knevalgus i ettbens knebøy og økt risiko for en senere ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball (OR = 0,74, 95 % KI = 0,52 til 1,07). Det ble heller ikke funnet en sammenheng mellom skaderisiko og høyeste registrerte FPPV og MKP hos hver spiller. I kontrast til disse funnene, fant Räsänen, Pasanen, et al. (2018) at yngre basketball- og volleyballspillere med stor FPPV ( $>23,8^\circ$ ) i ettbens knebøy kunne assosieres med 2,7 ganger forhøyet risiko for akutt skade i underekstremitetene (OR = 2,67, 95 % KI = 1,23 til 5,83). Assosiasjoner ble også sett mellom akutte ankelsskader og stor FPPV ( $>23,8^\circ$ ), med 2,4 ganger høyere risiko for senere skade. Signifikante assosiasjoner ble derimot ikke funnet mellom stor FPPV ( $>23,8^\circ$ ) og kneskader (OR = 1,49, 95 % KI = 0,56 til 3,98). Konfidensintervallet (KI) var i dette tilfellet stort, noe

som kan tyde på at estimatene er mer usikre (O'Donoghue, 2013) og det kan tenkes at det er stor variasjon innad i gruppen med kneskader. Manglende identifisering av signifikante assosiasjoner kan også skyldes få kneskader ( $n = 18$ ) (Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Resultatene kunne vært annerledes ved et større utvalg med flere kneskader. Disse funnene er basert på et lite utvalg med yngre aktive på et lavt nivå, og resultatene blir derfor lite representative for populasjonen i masterprosjektet. Studien har heller ikke registrert ACL-skader, og resultatene egner seg derfor mindre til sammenligning.

Samme forskergruppe så heller ingen assosiasjon mellom FPPV og økt risiko for akutt ikke-kontakt skade i underekstremitetene hos unge fotballspillere totalt (OR = 1,00, 95 % KI = 0,98 til 1,02), eller når resultatene ble justert for kjønn (OR = 1,00, 95 % KI = 0,97 til 1,05) (Räisänen, Arkkila, et al., 2018). De rapporterte også at flere av utøverne hadde vanskeligheter med å gjennomføre ettbens knebøy til ønsket  $90^\circ$  knefleksjon, hvor 92 av 558 utøvere hadde godkjente forsøk i kun ett av benene. Dette kan indikere at en slik test ikke er passende for å måle frontalplans knekontroll for en ung gruppe utøvere. I denne studien var det også få kneskader ( $n = 28$ ), hvor jentene utgjorde kun 20 % av utvalget, og funnene blir derfor mindre relevante for sammenligning. Funnene fra disse studiene kan tyde på at frontalplans knevalgus målt i ettbens knebøy ikke kan benyttes for å kartlegge økt risiko for fremtidig kneskade blant yngre utøvere i ballidretter som fotball, basketball og volleyball (Räisänen, Arkkila, et al., 2018; Räisänen, Pasanen, et al., 2018), noe som samsvarer med funnene fra masterprosjektet. For å kunne trekke mer sikre konklusjoner, bør disse funnene bekreftes i større prospektive kohortestudier med samme metode.

Funn fra prosjektet viste overraskende nok at uskadet ben hadde gjennomsnittlig  $3,0^\circ$  større FPPV og 1,32% større MKP i ettbens knebøy sammenlignet med senere ACL-skadede ben. I kontrast til disse funnene, har Hewett et al. (2005) vist større frontalplans knevalgus i tobens fallhopp hos senere ACL-skadede utøvere. Utøverne med senere ACL-skade ble i deres studie observert med  $7,6^\circ$  større kneabduksjonsvinkel i dypeste knefleksjon i tobens fallhopp sammenlignet med utøvere uten skade. Andre har også sett signifikant større (3,2 cm) frontalplans knevalgus under ettbens fallhopp hos yngre kvinnelige utøvere med senere ACL-skade sammenlignet med uskadete utøvere (Numata et al., 2018). Disse bevegelsesmønstrene er i tråd med hva som har blitt observert i videoanalyser av frontalplans kinematikk, og dette har blitt foreslått å være en viktig komponent ved ACL-skade (Koga et al., 2011; Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). Det bør imidlertid tas i betraktning at de observerte forskjellene i

masterprosjektet var små og potensielt kan skyldes målefeil. Analyser viste at standard målefeil (SEM) viste en variasjon i repeterte målinger på 1,9° til 6,6° i FPPV og 3% til 3,2% i MKP og kan være en forklaring på observerte forskjeller (Orkelbog, 2018; Rosvoll, 2017). I tillegg var de observerte forskjellene mellom uskadede og skadede ben i FPPV og MKP ikke lengre signifikante ved justering for idrett. Dette kan tyde på at de observerte forskjellene mellom uskadet ben og senere ACL-skadet ben i FPPV og MKP er av liten klinisk betydning.

Studier som har vist assosiasjoner mellom økt frontalplans knevalgus og økt risiko for senere ACL skade, har basert sine resultater på seks til ni ikke-kontakt ACL-skader (Hewett et al., 2005; Padua et al., 2015). Andre studier, som ikke har sett samme assosiasjoner, inkluderte 15 til 42 ikke-kontakt ACL-skader (Krosshaug et al., 2016; Leppanen et al., 2017; Smith, Johnson, et al., 2012). Samtlige studier har benyttet tobens fallhopp for å undersøke grad av frontalplans knekontroll. Dette vil begrense sammenligningsgrunnlaget med masterprosjektet, hvor ettbens knebøy ble benyttet. Vurderingen i flere andre studier har blitt gjennomført med en 3D-bevegelsesanalyse, i motsetning til dette prosjektet, der man benyttet en 2D-videoanalyse. I tillegg rapporterte Hewett et al. (2005) at sju av ni ACL-skader var fra fotballaktivitet. Disse funnene blir mindre representative for håndballspillere i prosjektet, noe som begrenser sammenligningsgrunnlaget. Hewett et al. (2005) og Padua et al. (2015) inkluderte også yngre kvinnelige utøvere fra lavere nivåer, henholdsvis gjennomsnittlig 15,6 og 13,9 år. Funnene blir dermed mindre representative for utvalget i dette prosjektet, med kvinnelige utøvere fra elitenivå med en gjennomsnittsalder på 21,4 år. Derfor kunne det vært interessant å se om en større prospektiv kohortestudie med samme variabler, metode og kartleggingstest ville gitt samme resultater hos yngre kvinnelige utøvere fra lavere nivåer i håndball og fotball.

Funnene fra prosjektet avdekket også en sterk korrelasjon mellom variablene FPPV (°) og MKP (%) ( $r = 0,95$ ), som ble benyttet for å beskrive frontalplans knevalgus. Dette betyr at man teoretisk sett kunne valgt en av variablene i analysene, da de praktisk talt sier det samme. Studier har rapportert at det er vanskelig å skille bevegelser i transversalplanet og frontalplanet, noe som medfører at en 2D FPPV kan bli målt større sammenlignet med en 3D målt FPPV (McLean et al., 2005; Ortiz et al., 2016). Denne potensielle mistolkningen av en større FPPV i frontalplanet har blitt beskrevet som en kombinasjon av innadrotasjon i hofte og knefleksjon (McLean et al., 2005), noe som betyr at målingene ikke nødvendigvis representerer korrekt frontalplans knevalgus (Stensrud et al., 2011). MKP kan derfor være det



foretrukne mål på frontalplans knevalgus. På bakgrunn av dette har både FPPV og MKP blitt inkludert i analyser og vurderinger for å kunne sammenligne resultatene med tidligere studier med lignende målemetoder og samtidig unngå mistolkning av frontalplans knevalgus.

De univariate analysene fra prosjektet var noe overraskende, med signifikant større frontalplans knevalgus hos uskadete utøvere og ingen positiv assosiasjon med økt risiko for senere ACL-skade. Leppanen et al. (2017) så i sin studie at stive landinger med mindre knefleksjon og større vertikal reaksjonskraft fra underlaget under tobens fallhopp kunne assosieres med økt risiko for ACL-skade hos yngre kvinnelige utøvere innen basketball og volleyball. De fant derimot ingen assosiasjon mellom variabler som mål på frontalplans knevalgus og økt skaderisiko i samme utvalg. I betraktning av resultatene fra prosjektet og tidligere resultater kan det tenkes at redusert bevegelighet i underekstremitetene i utøverspesifikke situasjoner kan gi økt risiko for en senere ACL-skade. Det kan også tenkes at det er andre faktorer som predisponerer mer for en ACL-skade enn frontalplans knevalgus. Det har også blitt tydeliggjort at en ACL-skade er kompleks og multifaktoriell av karakter (Bahr & Krosshaug, 2005; Meeuwisse et al., 2007), med et samspill mellom flere leddsegmenter - ikke bare kneleddet (Hewett et al., 2009).

Resultatenes betydning for det skadeforebyggende arbeidet, er noe usikkert. Funnene kan tyde på at det ikke er en sammenheng mellom redusert frontalplans knevalgus og økt risiko for ACL-skade, men det kan også potensielt være en sammenheng som man ikke klarte å påvise. Det blir vanskelig å trekke slutninger, da det virker som om en ACL-skade er mer komplekst enn det man kanskje har sett for seg tidligere. Allikevel har forebyggende programmer med fokus på frontalplans knevalgus vist seg å være effektive i å redusere forekomst av ACL-skader hos kvinnelige utøvere i håndball og fotball (Mandelbaum et al., 2005; Myklebust et al., 2003; Olsen et al., 2005; Walden et al., 2012), og det vil være grunn til å tro at dette bør prioriteres på lik linje som tidligere. Resultatene fra prosjektet bør derfor undersøkes ytterligere, før man kan avgjøre hvilket videre fokus frontalplans knevalgus bør ha i det skadeforebyggende arbeidet.

En kan spørre seg om det er testen som benyttes eller de biomekaniske variablene man undersøker som medfører at assosiasjoner med ACL-skaderisiko uteblir. Trolig kan det være en kombinasjon av flere biomekaniske faktorer, når det ser ut til at bevegelse i segmentene ovenfor kneet kan plassere kneleddet i en posisjon med økt risiko for ACL-skade (Shultz et

al., 2015). Det kan også være at testene som benyttes ikke er spesifikke nok, siden man har sett at 20 % av utøverne med frontalplans knevalgus ikke fanges opp ved bruk av en av testene ettbens knebøy og tobens fallhopp (Stensrud et al., 2011). Samtidig setter testene ulike krav til muskelaktivering og nevro-muskulær kontroll (Mauntel et al., 2018). Nylige studier har også vist at testene ettbens knebøy og tobens fallhopp alene ikke er tilstrekkelige for å predikere fremtidig ACL-skade eller kneskade hos utøvere i høy-risiko idretter (Krosshaug et al., 2016; Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Slike utøverspesifikke kartleggingstester vil sannsynligvis aldri kunne forutsi skade med tilstrekkelig nøyaktighet, men vil allikevel være verdifulle for det skadeforebyggende arbeidet hvis man finner assosiasjoner (Bahr, 2016).

## **5.2 Lateral bekkentilt og økt risiko for ACL-skade**

Effektiv kontroll av bekkenet i frontalplanet har blitt foreslått å kunne være avgjørende for å redusere belastning i underekstremitetene i ettbens situasjoner (Houck et al., 2006). Lateral bekkentilt (LBT) har blitt beskrevet som et fall i kontralaterale hofter og medføre adduksjon av hofteleddene i vektbærende ben (Martin & Kivlan, 2011). Flere studier har observert tilstedeværelse av økt hoftedadduksjon hos kvinner i ettbens knebøy (Graci et al., 2012; Hewett et al., 2009; Willson et al., 2006; Zeller et al., 2003), og har blitt foreslått å være forbundet med dynamisk knevalgus (Gwynne & Curran, 2014; Powers, 2010). Derfor var det av interesse å undersøke om LBT som en del av frontalplans knekontroll kunne assosieres med økt risiko for ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball.

Tidligere studier har observert større rotasjon i trunkus og bekken, større LBT og større hoftedadduksjon i ettbens knebøy hos kvinnelige utøvere. Dette har blitt foreslått å øke risiko for kneskade og kan forklare den store forekomsten av kneskader hos kvinner (Baldon Rde et al., 2011; Graci et al., 2012). Disse antagelsene til tross, ble det ikke funnet en sammenheng mellom LBT i ettbens knebøy og økt risiko for senere ACL-skade hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball (OR = 0,89, 95 % KI = 0,69 til 1,15). Selv ikke analyser med høyeste verdi i LBT hos hver enkelt spiller kunne avdekke assosiasjoner med økt risiko for skade i denne gruppen. Baldon Rde et al. (2011) og Graci et al. (2012) har basert sine funn på fysisk aktive kvinner, og resultatene blir derfor lite representative for utvalget i prosjektet, som bestod av eliteutøvere. Studiene har heller ikke vurdert risiko for ACL-skade. Hittil har ingen studier undersøkt assosiasjoner mellom LBT i en ettbens knebøy og ACL-skaderisiko.

Stickler et al. (2015) har påpekt at maksimal FPPV i en ettbens knebøy vurdert med en 2D-videoanalyse muligens ikke var representativ for den maksimale LBT hos 40 friske kvinner. Denne problemstillingen kan også ha forekommet i masterprosjektet. Allikevel var LBT lavere (gjennomsnitt 4,22°) ved 90° knefleksjon i ettbens knebøy hos utøverne med senere ACL-skade i utvalget sammenlignet med hva Stickler et al. (2015) rapporterte i LBT (gjennomsnitt 4,68°) hos sine friske individer på samme alder. I kontrast til dette, ble det avdekket at de uskadede benene disponerte større LBT enn de ACL-skadede benene. Forskjellene var riktignok lave ( $< 1^\circ$ ) både totalt og justert for idrett, og kan derfor ikke regnes som klinisk relevante forskjeller. Det ble heller ikke observert signifikante forskjeller mellom skadede og uskadede ben i analyser av høyeste registrerte verdier i LBT. I tillegg til dette, har reliabilitetsanalyser fra begge analyseperioder avdekket standard målefeil (SEM) i LBT på 1,5 til 1,7° i analysegruppen, som kan forklare den observerte forskjellen mellom skadede og uskadede ben.

Stickler et al. (2015) foreslo at en vurdering av trunkus i sagittalplanet kan tilføre verdifull informasjon om bekkenets rolle i en ettbens knebøy, da det virker som om kompensasjoner i bekken og trunkus kan være kombinert. Dette kunne vært av interesse i masterprosjektet, men var ikke mulig å gjennomføre ved bruk av en 2D-videoanalyse. En 3D-bevegelsesanalyse av LBT i ettbens knebøy vil være et bedre alternativ, hvor bevegelse av trunkus, bekken og hofter kan vurderes i flere plan.

I kontrast til funnene i dette masterprosjektet, har andre studier konkludert med at lateral tilt av trunkus kombinert med økt frontalplans knevalgus kan gi økt risiko for ACL-skade (Dingenen et al., 2015; Zazulak et al., 2007a). Dingenen et al. (2015) fant at kvinnelige eliteutøvere fra høy-risiko idretter med en ikke-kontakt kneskade landet med signifikant større knevalgus og lateral tilt av trunkus mot det vekt bærende benet, sammenlignet med uskadede utøvere ( $p = 0,036$ ). Zazulak et al. (2007a) så at lateral tilt av trunkus var den sterkeste predikatoren for ACL-skade hos utøvere av begge kjønn, med to ganger høyere sannsynlighet for skade ( $OR = 2,24$ ,  $p = 0,020$ ). Ingen av disse studiene benyttet ettbens knebøy i kartleggingen og har basert sine resultater på totalt åtte ACL-skader, henholdsvis fire i hver. Dette begrenser studienes relevans for masterprosjektet. Enkelte studier har sett at en kombinasjon av økt knevalgus og lateral tilt av trunkus kan øke det eksterne kneabduksjonsmomentet (Dingenen et al., 2014; Hewett & Myer, 2011), noe som tidligere har blitt assosiert med økt risiko for ACL-skade (Hewett et al., 2005). Andre har videre antydnet at

bekken og trunkus må anses som ett segment ved lateral tilt av trunkus i ettbens utøverspesifikke oppgaver hos kvinner (Houck et al., 2006). Sistnevnte kan tyde på at det er viktig å inkludere variabler også for trunkus og hofte i identifiseringen av utøvere som er utsatt for skade. Selv om funnene fra prosjektet ikke avdekket assosiasjoner mellom LBT og økt skaderisiko hos kvinner på elitenivå, vil det være et behov for ytterligere forskning for å avdekke om funnene er tilfeldige eller ikke.

### **5.3 Bendingdominans og økt risiko for ACL-skade**

Bendingdominans har fra tidligere blitt beskrevet som et resultat av ubalanse i styrke og leddkinematikk i underekstremitetene (Myer et al., 2004). Dominant ben har i dette prosjektet og tidligere studier blitt definert som det foretrukne ben å sparke en ball med (Brophy et al., 2010; Krosshaug et al., 2016; Mauntel et al., 2013; Räsänen, Arkkila, et al., 2018; Räsänen, Pasanen, et al., 2018). Ut i fra denne definisjonen, vil ikke-dominant ben være standbeinet. Tidligere studier har vist større forekomst (54-68 %) av ACL-skade i ikke-dominant ben hos kvinnelige fotballspillere og håndballspillere på elitenivå (Brophy et al., 2010; Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016). Samme tendens ble også funnet i prosjektet, hvor 57 % av ACL-skadene forekom i ikke-dominant ben.

I prosjektet ble det observert signifikante forskjeller mellom dominant og ikke-dominant ben hos fotballspillerne i ACL-skadet gruppe. Resultatene viste at FPPV i dominant ben var i gjennomsnitt  $4,13^\circ$  større, noe som betyr større knevalgus. Samme trend kunne man se hos fotballspillerne i uskadet gruppe, hvor FPPV og MKP var henholdsvis  $1,66^\circ$  og  $0,63\%$  større i dominant ben sammenlignet med ikke-dominant ben. Det var derimot ingen signifikante sideforskjeller hos håndballspillerne eller totalt sett i LBT. I en nylig publisert studie har man også sett at FPPV var signifikant større ( $3,5^\circ$ ) i dominant ben hos jentene (11 til 14 år) (Räsänen, Arkkila, et al., 2018). De observerte forskjellene kan tyde på en ubalanse i knekontroll mellom høyre og venstre ben.

Det ble ikke funnet forskjeller i skaderisiko mellom dominant og ikke-dominant ben totalt ( $p = 0,332$ ) eller etter justering for idrett i prosjektet, noe som støttes av allerede publiserte studier fra samme prospektive kohorte (Krosshaug et al., 2016; Steffen et al., 2016). Andre studier har heller ikke funnet signifikante sammenhenger hos kvinnelige utøvere på dette området (Matava et al., 2002; Negrete et al., 2007). Samme tendens så man også i studien til

Räisänen, Arkkila, et al. (2018), hvor asymmetri i FPPV mellom beina ikke kunne assosieres med økt risiko for en ikke-kontakt skade i underekstremitetene. ACL-skader ser ut til å forekomme hyppigst i det ikke-dominante ben, selv om dominante ben har vist å ha større frontalplans knevalgus. Det kan dermed tenkes at forskjeller i frontalplans knevalgus mellom dominant og ikke-dominant ben ikke har nevneverdig betydning når det gjelder risiko for ACL-skade hos kvinnelige fotball- og håndballspillere. Tilsvarende studier på yngre utøvere vil være aktuelt for å se om disse funnene kan reproduseres på andre aldersgrupper.

#### **5.4 Skadehistorikk og økt risiko for ACL-skade**

Forskningen har tydeliggjort at kvinnelige utøvere med en tidligere ACL-skade har økt risiko for en ny ACL-skade i idretter som innebærer vridninger og retningsforandringer (Faude et al., 2006; Krosshaug et al., 2016; Orchard et al., 2001; Paterno et al., 2012, 2014; Pinczewski et al., 2007; Salmon et al., 2005; Steffen et al., 2016; Wiggins et al., 2016). I dette prosjektet hadde utøvere med en tidligere ACL-skade 3,6 ganger høyere odds for en ny skade sammenlignet med uskadete utøvere (OR = 3,6, 95 % KI = 1,72 til 7,54), med tilnærmet like stor sannsynlighet ved justering for idrett. Samme sannsynlighet for en ny skade hos tidligere skadete utøvere har også blitt observert i Steffen et al. (2016) (OR = 3,14) og Krosshaug et al. (2016) (RR = 3,8), fra samme kohortestudie som dette prosjektet.

Andre har rapportert fire til fem ganger høyere odds for en ny ACL-skade hos kvinnelige idrettsutøvere med en tidligere ACL-skade (Faude et al., 2006; Orchard et al., 2001; Paterno et al., 2012, 2014). Disse forskjellene kan potensielt skyldes at utvalget fra tidligere studier hadde lavere gjennomsnittsalder i sitt utvalg (17 år versus 21,4 år), når det kan se ut til at ACL-skade forekommer hyppigere hos yngre utøvere (Renström et al., 2008). Allikevel har andre studier vist samme odds blant kvinnelige voksne utøvere (22,4 år) (Faude et al., 2006), noe som kan sammenlignes med populasjonen i prosjektet. Med dette kan man si at funnene bekrefter og styrker tidligere funn om at tidligere ACL-skadete utøvere er i høy risiko for en ny ACL-skade.

Resultatene fra prosjektet viste at hver femte utøver med tidligere ACL-skade pådro seg en ny ACL-skade i løpet av oppfølgingstiden (21,6 %). En systematisk oversikt og meta-analyse har rapportert samme insidens, hvor omtrent hver fjerde utøver (23 %) pådro seg en ny skade etter tidligere skade ved retur til vridningsidretter (< 25 år) (Wiggins et al., 2016). Denne

forekomsten og konsekvente identifisering av tidligere ACL-skade som risikofaktor for en ny ACL-skade understreker viktigheten av å unngå den første skaden. Dette kan gjøres ved å utvikle effektive skadeforebyggende programmer, noe som kan ha en stor fysisk og psykologisk betydning for kvinnelige idrettsutøvere (Gould et al., 2016). Resultatene antyder at en ettbens knebøy vurdert med en 2D-videoanalyse er et tilstrekkelig verktøy for å kartlegge denne høy-risiko gruppen med økt risiko for en ny ACL-skade. Det samme har blitt vist ved bruk av tobens fallhopp (Krosshaug et al., 2016). Disse utøverne bør ut i fra deres skadehistorikk alene gis skadeforebyggende nevro-muskulære programmer for å unngå en ny ACL-skade.

## **5.5 Metodiske betraktninger**

Det er flere komponenter som kan ha påvirket resultatene i denne studien, slik at resultatene må tolkes deretter.

### **5.5.1 Studiedesign**

Masterprosjektet er basert på en større prospektiv kohortestudie, som anses som det beste studiedesignet til å kartlegge risikofaktorer (Bahr & Holme, 2003). Styrken ved dette designet er at man ved oppstart kan kartlegge potensielle risikofaktorer før en skade oppstår, for deretter følge utøverne prospektivt. På den måten kan man registrere skader over en definert periode (Laake, Olsen, & Benestad, 2015), og samtidig få nøyaktige estimater av insidens og skaderisiko (Bahr & Holme, 2003). Man er imidlertid avhengig av stor utvalgsstørrelse, og det kan være nødvendig å inkludere et stort antall utøvere over en lang periode - spesielt ved mindre vanlige skader (Bahr & Krosshaug, 2005). Utvalget i prosjektet bestod av 629 kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball, noe som kan anses som en styrke ved dette prosjektet.

En potensiell begrensning med en slik langsiktig kohortestudie er tiden mellom testing av de biomekaniske variablene og utfallsmålet; en ny ACL-skade. De foreslåtte risikofaktorene kan ha endret seg i løpet av studien, eksempelvis gjennom skadeforebyggende trening eller modning (Meeuwisse et al., 2007). Det finnes dessverre ikke tilgjengelig informasjon om utøvernes eksponering for spill på elitenivå, treningsvaner eller generelle skadehistorikk som kan ha endret seg i studieperioden og potensielt påvirket risiko for en ACL-skade hos utøverne. I tillegg bør det tas i betraktning at flere av spillerne fra kohorten igjennom

spørreskjemaer har rapportert å ha deltatt i skadeforebyggende programmer som en del av treningsrutinene i sesongen (Krosshaug et al., 2016). Man kan allikevel ikke være sikker på hva og hvor mye hver enkelt spiller har gjennomført av de skadeforebyggende programmene. Slik trening kan potensielt ha påvirket utfallet av testene og medført en feilklassifisering av utøverne. Til tross for dette, var det ingen klinisk relevant forskjell mellom gruppene med og uten senere ACL-skade ved variablene totalt eller etter at man justerte for idrett.

En annen svakhet ved studien kan også være skaderegistrering hos utøverne, hvor man stolte på spillernes klassifisering av skaden som enten kontakt eller ikke-kontakt skade. Det kan tenkes at i selve skadeøyeblikket kan utøverens oversikt over omgivelsene være begrenset, noe som kan medføre en feilklassifisering av skaden. Denne tolkningen av hva som skjer i skadeøyeblikket har blitt kommentert å kunne være en utfordring (Krosshaug, Andersen, Olsen, Myklebust, & Bahr, 2005).

### **5.5.2 Utvalg**

Dette prosjektet bestod av en relativt homogen gruppe kvinnelige eliteutøvere innen håndball og fotball med bakgrunn i de demografiske dataene. Dette er fordelaktig når man sammenligner utøverne uten og med senere ACL-skade. Størrelsen på utvalget påvirker hvor sikker man kan være på at observasjonene som har blitt gjort er sanne (Laake et al., 2015). Prosjektet er en av de største studiene (n= 629) til nå som har undersøkt biomekaniske faktorer i ettbens knebøy og risiko for en ACL-skade. Antallet ikke-kontakt ACL-skader (n = 51) blir likevel regnet som få. Uansett er dette tilstrekkelig antall skader til å avdekke moderate til sterke assosiasjoner mellom en risikofaktor og en skade (Bahr & Holme, 2003). Funnene viste tydelig ingen assosiasjon mellom variablene FPPV, MKP og LBT i en ettbens knebøy og økt risiko for ACL-skade. Ett større utvalg ville gitt mer presise odds-ratio (OR) verdier, men de ville fortsatt ikke ha vært signifikante.

### **5.5.3 Analyseteam**

I denne studien har flere testere vært involvert i arbeidet med både videoopptak under selve testingen og 2D-analysene i etterkant, noe som kan medføre ulik tolkning av prosedyrene. Analyseteamet har også forskjellig utdanningsbakgrunn og erfaring, både fra klinisk praksis og videoanalyse, noe som potensielt kan medføre bias i resultatene. Erfaring er ikke en garanti for kvaliteten av målinger (Portney & Watkins, 2009) og vil ikke nødvendigvis ha noe å si for resultatene. I tillegg har samtlige i analyseteamet vært gjennom en omfattende opplæring og

flere testrunder for å bli samstemte om prosedyre for analyse. Bevegelsesmønstre i underekstremitetene i ettbens knebøy kan klassifiseres reliabelt uavhengig av erfaring ved bruk av en standardisert metode (Harris-Hayes et al., 2014), noe som betyr at funnene kan generaliseres til andre analytikere med ulik erfaring med videoanalyse.

#### **5.5.4 Kartleggingstest og 2D-videoanalyse**

I denne studien ble en ettbens knebøy test vurdert med en 2D-videoanalyse benyttet for å undersøke risikofaktorer for en ACL-skade. En 2D-videoanalyse har blitt funnet valid sammenlignet med en 3D-bevegelsesanalyse med sterk korrelasjon mellom 2D FPPV og 3D kneabduksjonsvinkel i ettbens knebøy (Gwynne & Curran, 2014; Herrington et al., 2017). Andre har derimot sett korrelasjoner mellom 2D FPPV og 3D innadrotasjon i hofte (Ageberg et al., 2010). Dette kan medføre ukorrekte mål på frontalplans knevalgus (Stensrud et al., 2011), siden kombinasjonen av innadrotasjon i hofte og knefleksjon kan bli mistolket som en større frontalplans FPPV (McLean et al., 2005). Ettbens knebøy alene har også blitt rapportert å være et utilstrekkelig verktøy for å predikere fremtidig skade i underekstremitetene hos yngre jenter og gutter, da testen mislyktes i å dele utøverne inn i to distinktive risikogrupper (Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Til tross for dette, har ingen tidligere studier benyttet en ettbens knebøy test vurdert med en 2D-videoanalyse for å kartlegge faktorer som kan medføre økt risiko for ACL-skade hos voksne kvinnelige eliteutøvere i fotball og håndball.

I videoanalysene kan det være flere potensielle kilder til bias i resultatene, blant annet videokvalitet, valg av stillbilde, testprosedyre og bruk av flere testere. Før igangsetting av hovedanalysene ble det gjennomført en omfattende og grundig opplæring for å bli godt kjent med testprosedyrene, noe som bør anses som en styrke (Figur 6). I tillegg ble det gjennomført reliabilitetsanalyser som viste god til veldig god inter-tester reliabilitet i FPPV, MKP og LBT (ICC = 0,72 til 0,95) fra begge analyseperioder med fire testere per periode. Disse resultatene har vist at 2D-videoanalyse er pålitelig i identifiseringen av utøvere med høy FPPV, MKP og LBT. Standard målefeil (SEM) av 2D FPPV var 6,6° fra første periode, og 1,9° fra andre periode (Orkelbog, 2018; Rosvoll, 2017). I lys av disse resultatene kan det se ut til at SEM i FPPV kan variere i større grad med flere testere enn om man hadde benyttet kun én (3,22°) (Munro et al., 2012) eller to testere (1,97°) (Herrington et al., 2017). I kontrast til dette, vil stor utvalgsstørrelse redusere potensielle målefeil, noe som gjør estimatene mer robuste sammenlignet med tidligere estimer for frontalplans knevalgus.



### 5.5.5 Testprosedyre

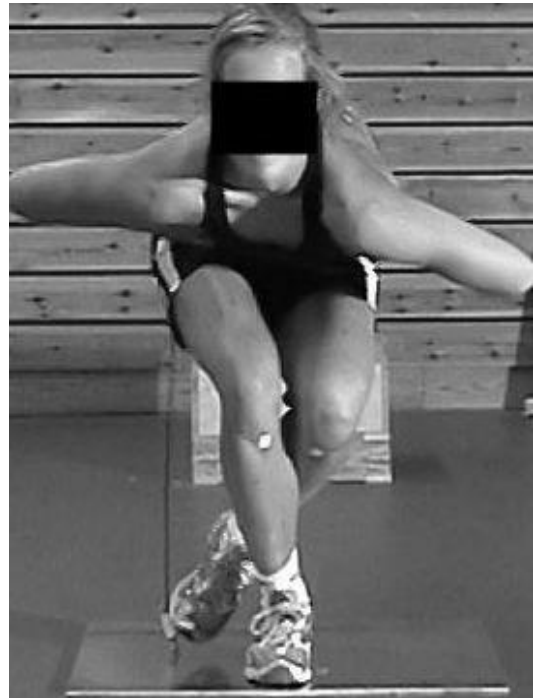
Det er flere potensielle utfordringer under selve testdagen og i testprotokollen ved ettbens knebøy som kan ha påvirket resultatene. På testdagen brukte hver enkelt spiller opp mot syv timer på å fullføre samtlige teststasjoner. Noen av disse testene var utfordrende og utmattende, deriblant styrketestene. Dette kan ha medført at spillerne var mindre motiverte og mer slitne mot slutten av dagen sammenlignet med de som testet tidligere på dagen, siden fysisk utmattelse kan påvirke kvaliteten i gjennomføring av ettbens knebøy (Weeks, Carty, & Horan, 2015). Til tross for dette vil det være naturlig å tro at dette utjevner seg med et så stort utvalg og en blanding av utøvere både med og uten ny ACL-skade.

#### *Bildekvalitet på videoopptakene*

En annen utfordring med 2D-analysene, var at det var variert bildekvalitet på videoopptakene. De eldste videoopptakene var utydelige og i noen tilfeller zoomet ut. I visse tilfeller var det vanskelig å lokalisere de anatomiske landemerkene markert med sportsteip, noe som kan ha medført unøyaktig markørplassering. Dette vanskeliggjorde også vurderingen av berøring av gulv, berøring av motsatt ben eller tidspunkt for berøring av metallplate med metallgjenstand. Dette kan potensielt ha medført større grad av feilmålinger og større variasjon mellom observatørene. Allikevel viste reliabilitetsanalysene, hvor en rekke videoer av dårligere kvalitet ble inkludert, god til veldig god inter-tester reliabilitet ( $ICC = 0,72$  til  $0,95$ ) i samtlige undersøkte variabler fra begge analyseperioder (Orkelbog, 2018; Rosvoll, 2017).

### *Utfordringer ved gjennomføring av en ettbens knebøy*

I videoanalysene ble det ved flere tilfeller observert stor grad av fleksjon i trunkus i gjennomføring av ettbens knebøy. I visse tilfeller var de anatomiske landemerkene på SIAS, markert med sportsteip, ikke synlig ved 90° knefleksjon og gjorde markørplassering i hofteladdsentrene svært utfordrende (Figur 15). For å redusere feilmålinger i disse tilfellene, ble det valgt å plassere hofteladdsmarkører i stående posisjon hvor sportsteip på SIAS var synlig. Dette ble gjort for å sikre konstant bredde mellom markørene ved 90° knefleksjon og samtidig minimere påvirkning av variablene FPPV og MKP. Allikevel kan stor fleksjon i trunkus gi utslag for mål av LBT. Til tross for disse utfordringene, viste reliabilitetsanalyser god til veldig god reliabilitet i FPPV, MKP og LBT (ICC = 0,72 til 0,95) i ettbens knebøy. På en annen side kan det tenkes at fleksjon av trunkus kan tolkes som en bevegelsesstrategi som potensielt beskytter ACL fra stor belastning i utøverspesifikke situasjoner, siden videoanalyser av ACL-skade hos kvinner har vist mindre fleksjon i trunkus ved skadetidspunktet sammenlignet med utøvere uten senere skade (Hewett et al., 2009; Koga et al., 2018; Koga et al., 2010).



**Figur 15.** Stor grad av fleksjon i trunkus under utførelse av ettbens knebøy høyre ben.

### *Antall forsøk per ben i ettbens knebøy*

Variablene ble beregnet på grunnlag av gjennomsnittet fra to eller tre godkjente forsøk per ben. Av 813 testede spillere ble 120 utøvere (14,7 %) ekskludert grunnet ikke tilstrekkelig antall valide forsøk per ben, på høyre og venstre side. Disse utøverne ble ekskludert på grunn av manglende knefleksjon til 90°, berøring av underlaget eller vekt bærende ben eller at de mistet balansen. Ved flere tilfeller ble det observert at utøverne gjennomførte fra tre til tolv forsøk før de fikk tre godkjente forsøk per ben. Dette kan skyldes en kombinasjon av flere faktorer, som redusert balanse og nevro-muskulær kontroll eller mindre urapporterte skader. Av disse faktorene kan det virke som om flere av utøverne fokuserte på å opprettholde balanse i testen, som kan ha påvirket potensiell frontalplans knekontroll. Økt fokus på balanse i ettbens knebøy kan påvirke det naturlige bevegelsesmønster til utøverne (Mauntel et al., 2018).

I analyser av maksimale absolutte differanse mellom første og siste forsøk hos hver enkelt utøver, så man at FPPV var 48° hos en av utøverne. Dette kan bety at denne utøveren potensielt hadde knevarus i første forsøk og knevalgus ved siste forsøk, eller omvendt. Samme tendens ble også sett i MKP (27 %) og LBT (21°) mellom første og siste forsøk hos en av utøverne. Disse differansene kan være et uttrykk for en læringseffekt underveis i testen eller fysisk utmattelse på grunn av mange forsøk, hvor begge deler potensielt kan ha påvirket resultatene. Igjen vil disse forskjellene mest sannsynlig utjevnes på grunn av et stort utvalg.

### *Potensiell læringseffekt*

I følge protokollen for gjennomføring av testen ettbens knebøy fra Stensrud et al. (2011), startet utøverne på høyre ben med påfølgende forsøk på venstre side. Dette kan gi en læringseffekt og potensielt forårsake forskjeller mellom høyre og venstre ben, hvor ettbens knebøy på venstre ben kan gi mindre valide verdier i frontalplans knekontroll og medføre bias i resultatene. Dette har også blitt kommentert av andre studier som har fulgt samme protokoll (Räisänen, Arkkila, et al., 2018; Räisänen, Pasanen, et al., 2018). Analyser viste at FPPV og MKP i høyre ben var nesten dobbelt så høye som maksimale målte differanse for de samme variablene på venstre ben, noe som kan skyldes en slik foreslått læringseffekt. I tillegg så man at kun LBT viste signifikant forskjell mellom forsøkene, på både høyre og venstre side ( $p < 0.005$ ), noe som også kan være ett uttrykk for læringseffekt. Det kan også være ett uttrykk for målefeil forårsaket av analyseteamet.

### *Overførbarhet*

I denne studien har selve testingen blitt gjennomført i forskningsrelaterte omgivelser. Man vet derfor mindre om funnene vil kunne overføres til kampsituasjoner eller andre idrettsspesifikke settinger, hvor belastningen på de involverte leddene er større og ACL-skader ofte oppstår. Resultatene virker ikke å være av klinisk betydning, men man kan spørre seg om resultatene ville ha vært annerledes ved kamplike situasjoner med større belastning på involverte ledd. I tillegg representerer tallene kvinnelige eliteutøvere i fotball og håndball i Norge, noe som begrenser overførbarheten til for eksempel menn og yngre utøvere, lavere nivåer i håndball og fotball eller til andre idretter.

### **5.5.6 Valg av biomekaniske variabler**

Studier som undersøker årsaken til ACL-skade bør ta i betraktning dens multifaktorielle karakter, ved å inkludere så mange relevante risikofaktorer som mulig og samtidig benytte en multivariat metode i tilnærmingen (Bahr & Holme, 2003). Valg av variabler for frontalplans knekontroll i dette prosjektet ble basert på evidens for at knevalgus påvirket av kontroll i hofte, bekken og trunkus i utøverspesifikke situasjoner sannsynligvis vil øke risiko for en ACL-skade hos kvinnelige utøvere (Hewett et al., 2005; Hewett et al., 2009; Kristianslund & Krosshaug, 2013; Weltin, Gollhofer, & Mornieux, 2016). Videoanalyser av ACL-skade har også identifisert valgus kollaps i kne som en del av skademekanismen ved en ACL-skade (Koga et al., 2010; Olsen et al., 2004). Siden frontalplans knekontroll kan påvirkes av bevegelse i flere ledd (Shultz et al., 2015), ble også LBT, i tillegg til FPPV og MKP, inkludert som mål på frontalplans knevalgus i de multivariate analysene.

Det må også tas i betraktning at adduksjon og innadrotasjon i hofte, utadrotasjon av tibia, som har blitt foreslått å medføre dynamisk knevalgus observert ved ACL-skade (Krosshaug et al., 2007), kan være av betydning for skaderisiko. Siden en kombinasjon av innadrotasjon i hoften og knefleksjon kan mistolkes som større FPPV (McLean et al., 2005), kan MKP være et bedre mål på frontalplans knevalgus. Vurdering av bevegelsesmønstre i transversal- og sagittalplanet kunne også vært interessant å undersøke, siden en ikke-kontakt ACL-skade mest sannsynlig involverer bevegelse i flere plan (Padua et al., 2009).

Funnene er også begrenset til tre indre modifiserbare biomekaniske faktorer, FPPV og MKP og LBT som mål på frontalplans knekontroll. Det er begrenset med informasjon om potensielle andre indre risikofaktorer, som anatomiske, hormonelle og genetiske faktorer eller ytre faktorer som kan ha påvirket skadesituasjonen og skaderisikoen hos utøverne. Dette kan betraktes som en svakhet ved studien. Forskning har vist at en ACL-skade er multifaktoriell av karakter (Bahr & Krosshaug, 2005; Meeuwisse et al., 2007), som betyr at det ikke nødvendigvis er kun én faktor som forårsaker skade, men heller en kombinasjon av flere.

### **5.5.7 Valg av statistiske metoder**

I dette masterprosjektet ble det valgt å benytte en multivariat logistisk regresjonsanalyse for å undersøke assosiasjoner mellom de foreslåtte risikofaktorene FPPV, MKP og LBT i en ettbens knebøy og økt risiko for senere ACL-skade. En slik statistisk modell har blitt rapportert å være nødvendig og vanlig å bruke i studier for å undersøke risikofaktorer for en

skade (Bahr & Holme, 2003). Den foretrukne tilnærmingen i et slikt prosjekt vil være å bruke en multivariat analyse for å kontrollere for interaksjon og konfunderende faktorer (Meeuwisse, 1994). I analysene ble det justert for faktorene vekt, høyde, bendominans, idrett og tidligere ACL-skade i samtlige regresjonsanalyser, for å kompensere for potensielle konfunderende faktorer som kunne påvirket resultatet. I tillegg ble det gjennomført tre separate logistiske regresjonsanalyser for de foreslåtte risikofaktorene, FPPV, MKP og LBT, for å unngå interaksjon mellom variablene.

På bakgrunn av et lavt antall registrerte nye ikke-kontakt ACL-skader i denne studien (8,1 %), ble det valgt å benytte en logistisk regresjonsanalyse fremfor en overlevelsesanalyse for å undersøke risikofaktorer for ACL-skade. Forskjellen mellom disse analysemetodene er ubetydelig når andelen skadede utøvere er under 10 % (Annesi, Moreau, & Lellouch, 1989). En begrensning ved en logistisk regresjonsanalyse, er at en slik modell antar at alle utøvere har like stor sannsynlighet for en skade (Bahr & Holme, 2003). Dette kan medføre feil, hvis en tenker på kamp-eksponering mellom de antatt beste og dårligste utøvere.

Benyttelse av ben eller spiller som enhet i analysene avhenger av risikofaktoren som ønskes undersøkt. I prosjektet ble det valgt ben som enhet i de univariate og multivariate analysene, siden de foreslåtte risikofaktorene beskriver karakteristika hos benet (Bahr & Holme, 2003). Ved å doble datasettet med antall spillere, hvorav den ene halvparten var høyre ben og resterende halvpart var venstre ben, ble populasjonen justert for benavhengighet. Det ble også benyttet ben som enhet for å kunne inkludere de uskadede ben hos utøvere med en ACL-skade, noe som kan anses som en styrke ved analysene.

## 5.6 Videre forskning

Fremtidig forskning bør benytte en multivariat tilnærming med inkludering av flere biomekaniske variabler for flere leddsegmenter, da det kan se ut som en ACL-skade er mer kompleks enn det man tror. Ytterligere store prospektive kohortestudier med samme test, samme biomekaniske variabler og et utvalg med flere skader bør gjennomføres før vi kan trekke mer sikre konklusjoner om funnene er tilfeldige eller ikke. Det hadde også vært av interesse å undersøke om resultatene representerer kvinner på lavere nivåer eller yngre utøvere, siden yngre i høy-risiko idretter ser ut til å være spesielt utsatt for ACL-skade.

Utvikling av en test eller et testbatteri som fanger opp alle utøvere med redusert frontalplans knekontroll kan være fordelaktig. Det kan tenkes at en test som simulerer situasjoner med høyere intensitet og dermed mer lik skademekanismene i kamp, eksempelvis finter eller vendinger, kan være fordelaktig for å kartlegge potensielle faktorer forbundet med økt risiko for en ACL-skade. En slik test bør være enkel og ikke kreve avansert kostbart utstyr, slik at den kan brukes på store utvalg og i klinisk praksis.

Det kan også være av interesse å undersøke hvilken rolle knevalgus bør ha i de skadeforebyggende programmene, med tanke på at resultatene fra prosjektet overraskende nok viste signifikant større frontalplans knevalgus i de uskadede benene. Allikevel bør tiltak for å bedre frontalplans knekontroll gis til alle kvinnelige voksne og yngre utøvere på elite- og lavere nivåer, siden tidligere forskning med fokus på dette i sine programmer har vist å forebygge ACL-skade hos kvinnelige utøvere i håndball og fotball.

## 6. Konklusjon

Knevalgus målt ved frontalplans projeksjonsvinkel, medial kneposisjon og lateral bekkentilt i en ettbens knebøy kunne ikke assosieres med økt risiko for en senere fremre korsbåndskade (ACL) hos kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball. Signifikante assosiasjoner ble derimot sett mellom tidligere ACL-skade og risiko for en ny ACL-skade, med 3,6 ganger høyere odds for en ny skade. Disse funnene indikerer at bruk av en 2D-videoanalyse i vurderingen av frontalplans knekontroll i en ettbens knebøy ikke kan benyttes for å kartlegge kvinnelige eliteutøvere i håndball og fotball med økt risiko for en ACL-skade.

## Referanser

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., . . . Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *26*(7), 1901-1908. doi:10.1007/s00167-017-4758-5
- Ageberg, E., Bennell, K. L., Hunt, M. A., Simic, M., Roos, E. M., & Creaby, M. W. (2010). Validity and inter-rater reliability of medio-lateral knee motion observed during a single-limb mini squat. *BMC Musculoskelet Disord*, *11*, 265. doi:10.1186/1471-2474-11-265
- Agel, J., Olson, D. E., Dick, R., Arendt, E. A., Marshall, S. W., & Sikka, R. S. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's basketball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *J Athl Train*, *42*(2), 202-210.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *17*(7), 705-729. doi:10.1007/s00167-009-0813-1
- Annesi, I., Moreau, T., & Lellouch, J. (1989). Efficiency of the logistic regression and Cox proportional hazards models in longitudinal studies. *Stat Med*, *8*(12), 1515-1521.
- Arden, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2014). Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med*, *48*(21), 1543-1552. doi:10.1136/bjsports-2013-093398
- Arendt, E. A., Agel, J., & Dick, R. (1999). Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *J Athl Train*, *34*(2), 86-92.



- Arendt, E. A., & Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med*, 23(6), 694-701. doi:10.1177/036354659502300611
- Bahr, R. (2016). Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will...: a critical review. *Br J Sports Med*, 50(13), 776-780. doi:10.1136/bjsports-2016-096256
- Bahr, R., & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries--a methodological approach. *Br J Sports Med*, 37(5), 384-392.
- Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med*, 39(6), 324-329. doi:10.1136/bjism.2005.018341
- Bahr, R., McCrory, P., Bolic, T., & Prøis, L. (2014). *Idrettsskader : diagnostikk og behandling*. Bergen: Fagbokforl.
- Baldon Rde, M., Lobato, D. F., Carvalho, L. P., Santiago, P. R., Benze, B. G., & Serrao, F. V. (2011). Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. *J Appl Biomech*, 27(3), 223-232.
- Bell, A. L., Pedersen, D. R., & Brand, R. A. (1990). A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods. *J Biomech*, 23(6), 617-621.
- Beynon, B. D., Vacek, P. M., Newell, M. K., Tourville, T. W., Smith, H. C., Shultz, S. J., . . . Johnson, R. J. (2014). The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*, 42(8), 1806-1812. doi:10.1177/0363546514540862

- Bjørdal, J. M., Arnly, F., Hannestad, B., & Strand, T. (1997). Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Am J Sports Med*, 25(3), 341-345. doi:10.1177/036354659702500312
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., Jr., & Garrett, W. E., Jr. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573-578.
- Brophy, R. H., Silvers, H. J., Gonzales, T., & Mandelbaum, B. R. (2010). Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*, 44(10), 694-697. doi:10.1136/bjism.2008.051243
- Brophy, R. H., Stepan, J. G., Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2015). Defending Puts the Anterior Cruciate Ligament at Risk During Soccer: A Gender-Based Analysis. *Sports Health*, 7(3), 244-249. doi:10.1177/1941738114535184
- Clausen, M. B., Zebis, M. K., Moller, M., Krstrup, P., Holmich, P., Wedderkopp, N., . . . Thorborg, K. (2014). High injury incidence in adolescent female soccer. *Am J Sports Med*, 42(10), 2487-2494. doi:10.1177/0363546514541224
- Crossley, K. M., Zhang, W. J., Schache, A. G., Bryant, A., & Cowan, S. M. (2011). Performance on the single-leg squat task indicates hip abductor muscle function. *Am J Sports Med*, 39(4), 866-873. doi:10.1177/0363546510395456
- Davis, R. B., Ounpuu, S., Tyburski, D., & Gage, J. R. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human movement science*, 10(5), 575-587.
- Dingenen, B., Malfait, B., Nijs, S., Peers, K. H., Vereecken, S., Verschueren, S. M., & Staes, F. F. (2015). Can two-dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 30(8), 781-787. doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.06.013

- Dingenen, B., Malfait, B., Vanrenterghem, J., Verschueren, S. M., & Staes, F. F. (2014). The reliability and validity of the measurement of lateral trunk motion in two-dimensional video analysis during unipodal functional screening tests in elite female athletes. *Phys Ther Sport, 15*(2), 117-123. doi:10.1016/j.ptsp.2013.05.001
- Dingenen, B., Staes, F. F., Santermans, L., Steurs, L., Eerdeken, M., Geentjens, J., . . . Deschamps, K. (2018). Are two-dimensional measured frontal plane angles related to three-dimensional measured kinematic profiles during running? *Phys Ther Sport, 29*, 84-92. doi:10.1016/j.ptsp.2017.02.001
- Donohue, M. R., Ellis, S. M., Heinbaugh, E. M., Stephenson, M. L., Zhu, Q., & Dai, B. (2015). Differences and correlations in knee and hip mechanics during single-leg landing, single-leg squat, double-leg landing, and double-leg squat tasks. *Res Sports Med, 23*(4), 394-411. doi:10.1080/15438627.2015.1076413
- Emery, C. A., Meeuwisse, W. H., & Hartmann, S. E. (2005). Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med, 33*(12), 1882-1891. doi:10.1177/0363546505279576
- Eng, J. J., & Winter, D. A. (1995). Kinetic analysis of the lower limbs during walking: what information can be gained from a three-dimensional model? *J Biomech, 28*(6), 753-758.
- Fallowfield, J. L., Hale, B. J., & Wilkinson, D. M. (2005). *Using statistics in sport and exercise science research*. Chichester: Lotus Publishing.
- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2005). Injuries in female soccer players: a prospective study in the German national league. *Am J Sports Med, 33*(11), 1694-1700. doi:10.1177/0363546505275011
- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *Br J Sports Med, 40*(9), 785-790. doi:10.1136/bjism.2006.027540

- Fauno, P., & Wulff Jakobsen, B. (2006). Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med*, 27(1), 75-79. doi:10.1055/s-2005-837485
- FIFA. (2007). FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. Retrieved from <https://www.fifa.com/search/?q=FIFA+Big+Count%3a+270+million+people+active+i+n+football>
- Fotballforbund, N. (2017). Antall lag over tid. Retrieved from <https://www.fotball.no/tema/om-nff/statistikk-og-historikk/antall-lag-over-tid/>
- Gaulrapp, H., Becker, A., Walther, M., & Hess, H. (2010). Injuries in women's soccer: a 1-year all players prospective field study of the women's Bundesliga (German premier league). *Clin J Sport Med*, 20(4), 264-271. doi:10.1097/JSM.0b013e3181e78e33
- Giroto, N., Hespanhol Junior, L. C., Gomes, M. R., & Lopes, A. D. (2017). Incidence and risk factors of injuries in Brazilian elite handball players: A prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports*, 27(2), 195-202. doi:10.1111/sms.12636
- Giza, E., Mithofer, K., Farrell, L., Zarins, B., & Gill, T. (2005). Injuries in women's professional soccer. *Br J Sports Med*, 39(4), 212-216; discussion 212-216. doi:10.1136/bjism.2004.011973
- Gould, S., Hooper, J., & Strauss, E. (2016). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Females: Risk Factors, Prevention, and Outcome. *Bull Hosp Jt Dis (2013)*, 74(1), 46-51.
- Graci, V., Van Dillen, L. R., & Salsich, G. B. (2012). Gender differences in trunk, pelvis and lower limb kinematics during a single leg squat. *Gait Posture*, 36(3), 461-466. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.04.006
- Grimm, N. L., Jacobs, J. C., Jr., Kim, J., Denney, B. S., & Shea, K. G. (2015). Anterior Cruciate Ligament and Knee Injury Prevention Programs for Soccer Players: A

Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*, 43(8), 2049-2056.  
doi:10.1177/0363546514556737

Grindem, H., Eitzen, I., Engebretsen, L., Snyder-Mackler, L., & Risberg, M. A. (2014). Nonsurgical or Surgical Treatment of ACL Injuries: Knee Function, Sports Participation, and Knee Reinjury: The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. *J Bone Joint Surg Am*, 96(15), 1233-1241. doi:10.2106/JBJS.M.01054

Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med*, 50(13), 804-808.  
doi:10.1136/bjsports-2016-096031

Gwinn, D. E., Wilckens, J. H., McDevitt, E. R., Ross, G., & Kao, T. C. (2000). The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. *Am J Sports Med*, 28(1), 98-102.  
doi:10.1177/03635465000280012901

Gwynne, C. R., & Curran, S. A. (2014). Quantifying frontal plane knee motion during single limb squats: reliability and validity of 2-dimensional measures. *Int J Sports Phys Ther*, 9(7), 898-906.

Hagglund, M., Walden, M., & Ekstrand, J. (2009). Injuries among male and female elite football players. *Scand J Med Sci Sports*, 19(6), 819-827. doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00861.x

Harris, J. D., Erickson, B. J., Bach, B. R., Jr., Abrams, G. D., Cvetanovich, G. L., Forsythe, B., . . . Cole, B. J. (2013). Return-to-Sport and Performance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in National Basketball Association Players. *Sports Health*, 5(6), 562-568. doi:10.1177/1941738113495788

Harris-Hayes, M., Steger-May, K., Koh, C., Royer, N. K., Graci, V., & Salsich, G. B. (2014). Classification of lower extremity movement patterns based on visual assessment:

- reliability and correlation with 2-dimensional video analysis. *J Athl Train*, 49(3), 304-310. doi:10.4085/1062-6050-49.2.21
- Herrington, L., Alenezi, F., Alzhrani, M., Alrayani, H., & Jones, R. (2017). The reliability and criterion validity of 2D video assessment of single leg squat and hop landing. *J Electromyogr Kinesiol*, 34, 80-85. doi:10.1016/j.jelekin.2017.04.004
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Myer, G. D., Wanstrath, K., & Scheper, M. (2006). Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. *J Orthop Res*, 24(3), 416-421. doi:10.1002/jor.20056
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Xu, Y. Y., Khoury, J., & Myer, G. D. (2017). Effectiveness of Neuromuscular Training Based on the Neuromuscular Risk Profile. *Am J Sports Med*, 45(9), 2142-2147. doi:10.1177/0363546517700128
- Hewett, T. E., & Myer, G. D. (2011). The mechanistic connection between the trunk, hip, knee, and anterior cruciate ligament injury. *Exerc Sport Sci Rev*, 39(4), 161-166. doi:10.1097/JES.0b013e3182297439
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., . . . Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*, 33(4), 492-501. doi:10.1177/0363546504269591
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br J Sports Med*, 43(6), 417-422. doi:10.1136/bjsm.2009.059162
- Houck, J. R., Duncan, A., & De Haven, K. E. (2006). Comparison of frontal plane trunk kinematics and hip and knee moments during anticipated and unanticipated walking and side step cutting tasks. *Gait Posture*, 24(3), 314-322. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.10.005

- Håndballforbund, N. (2018). Nøkkeltall. Retrieved from <https://www.handball.no/regioner/nhf-sentralt/om-oss/organisasjon/nokkeltall/>
- Idrettsforbund, N. (2017). Norsk idretts nøkkeltall 2016. Retrieved from <https://www.idrettsforbundet.no/contentassets/e7edfa47f77e457abf83827d39c3e1d8/nokkeltallsrapport-2016.pdf>
- Jones, P. A., Herrington, L. C., Munro, A. G., & Graham-Smith, P. (2014). Is there a relationship between landing, cutting, and pivoting tasks in terms of the characteristics of dynamic valgus? *Am J Sports Med*, 42(9), 2095-2102. doi:10.1177/0363546514539446
- Kaneko, S., Sasaki, S., Hirose, N., Nagano, Y., Fukano, M., & Fukubayashi, T. J. A. J. o. S. M. (2017). Mechanism of anterior cruciate ligament injury in female soccer players. 8(1).
- Koga, H., Bahr, R., Myklebust, G., Engebretsen, L., Grund, T., & Krosshaug, T. (2011). Estimating anterior tibial translation from model-based image-matching of a noncontact anterior cruciate ligament injury in professional football: a case report. *Clin J Sport Med*, 21(3), 271-274. doi:10.1097/JSM.0b013e31821899ec
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2018). Hip and Ankle Kinematics in Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Situations: Video Analysis Using Model-Based Image Matching. *Am J Sports Med*, 46(2), 333-340. doi:10.1177/0363546517732750
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., . . . Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med*, 38(11), 2218-2225. doi:10.1177/0363546510373570

- Kristianslund, E., & Krosshaug, T. (2013). Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. *Am J Sports Med*, *41*(3), 684-688. doi:10.1177/0363546512472043
- Krosshaug, T., Andersen, T. E., Olsen, O. E., Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Research approaches to describe the mechanisms of injuries in sport: limitations and possibilities. *Br J Sports Med*, *39*(6), 330-339. doi:10.1136/bjism.2005.018358
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., . . . Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*, *35*(3), 359-367. doi:10.1177/0363546506293899
- Krosshaug, T., Steffen, K., Kristianslund, E., Nilstad, A., Mok, K. M., Myklebust, G., . . . Bahr, R. (2016). The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A Prospective Cohort Study of 710 Athletes. *Am J Sports Med*, *44*(4), 874-883. doi:10.1177/0363546515625048
- Laible, C., & Sherman, O. H. (2014). Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bull Hosp Jt Dis (2013)*, *72*(1), 70-75.
- Langevoort, G., Myklebust, G., Dvorak, J., & Junge, A. (2007). Handball injuries during major international tournaments. *Scand J Med Sci Sports*, *17*(4), 400-407. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00587.x
- Le Gall, F., Carling, C., & Reilly, T. (2008). Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. *Am J Sports Med*, *36*(2), 276-284. doi:10.1177/0363546507307866
- Leppanen, M., Pasanen, K., Kujala, U. M., Vasankari, T., Kannus, P., Ayramo, S., . . . Parkkari, J. (2017). Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players. *Am J Sports Med*, *45*(2), 386-393. doi:10.1177/0363546516665810



- Leys, T., Salmon, L., Waller, A., Linklater, J., & Pinczewski, L. (2012). Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med*, *40*(3), 595-605. doi:10.1177/0363546511430375
- Lohmander, L. S., Englund, P. M., Dahl, L. L., & Roos, E. M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*, *35*(10), 1756-1769. doi:10.1177/0363546507307396
- Lopes, T. J. A., Simic, M., Myer, G. D., Ford, K. R., Hewett, T. E., & Pappas, E. (2018). The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A Systematic Review With Meta-analysis. *Am J Sports Med*, *46*(6), 1492-1499. doi:10.1177/0363546517716930
- Laake, P., Olsen, B. R., & Benestad, H. B. (2015). *Forskning i medisin og biofag* (2. utg. ed.). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., . . . Garrett, W., Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, *33*(7), 1003-1010. doi:10.1177/0363546504272261
- Martin, R. L., & Kivlan, B. (2011). The Hip Joint. In P. K. Levangie & C. C. Norkin (Eds.), *Joint Structure and Function. A Comprehensive Analysis* (5 ed., pp. 355-394). Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Matava, M. J., Freehill, A. K., Grutzner, S., & Shannon, W. (2002). Limb dominance as a potential etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tears. *J Knee Surg*, *15*(1), 11-16.
- Mauntel, T. C., Begalle, R. L., Cram, T. R., Frank, B. S., Hirth, C. J., Blackburn, T., & Padua, D. A. (2013). The effects of lower extremity muscle activation and passive range of

- motion on single leg squat performance. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1813-1823.  
doi:10.1519/JSC.0b013e318276b886
- Mauntel, T. C., Cram, T. R., Frank, B. S., Begalle, R. L., Norcross, M. F., Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2018). Kinematic and neuromuscular relationships between lower extremity clinical movement assessments. *Sports Biomech*, 17(2), 273-284.  
doi:10.1080/14763141.2017.1348536
- Mauntel, T. C., Frank, B. S., Begalle, R. L., Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2014). Kinematic differences between those with and without medial knee displacement during a single-leg squat. *J Appl Biomech*, 30(6), 707-712. doi:10.1123/jab.2014-0003
- McLean, S. G., Walker, K., Ford, K. R., Myer, G. D., Hewett, T. E., & van den Bogert, A. J. (2005). Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med*, 39(6), 355-362.  
doi:10.1136/bjism.2005.018598
- Meeuwisse, W. H. (1994). Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 4(3), 166-170.
- Meeuwisse, W. H., Tyreman, H., Hagel, B., & Emery, C. (2007). A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med*, 17(3), 215-219. doi:10.1097/JSM.0b013e3180592a48
- Mok, K. M. (2015). *Reliability and methodological concerns of vertical drop jumping and sidestep cutting tasks: implications for ACL injury risk screening*. (Doctor), The Norwegian School of Sport Sciences., Oslo.
- Mok, K. M., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2017). The effect of overhead target on the lower limb biomechanics during a vertical drop jump test in elite female athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 27(2), 161-166. doi:10.1111/sms.12640

- Mok, K. M., Petushek, E., & Krosshaug, T. (2016). Reliability of knee biomechanics during a vertical drop jump in elite female athletes. *Gait Posture*, *46*, 173-178. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.03.003
- Munro, A., Herrington, L., & Carolan, M. (2012). Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *J Sport Rehabil*, *21*(1), 7-11.
- Munro, A., Herrington, L., & Comfort, P. (2017). The Relationship Between 2-Dimensional Knee-Valgus Angles During Single-Leg Squat, Single-Leg-Land, and Drop-Jump Screening Tests. *J Sport Rehabil*, *26*(1), 72-77. doi:10.1123/jsr.2015-0102
- Myer, G. D., Ford, K. R., Di Stasi, S. L., Foss, K. D., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2015). High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury? *Br J Sports Med*, *49*(2), 118-122. doi:10.1136/bjsports-2013-092536
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *J Athl Train*, *39*(4), 352-364.
- Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*, *41*(1), 203-215. doi:10.1177/0363546512460637
- Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med*, *39*(3), 127-131. doi:10.1136/bjism.2004.010900
- Myklebust, G., Bahr, R., Nilstad, A., & Steffen, K. (2017). Knee function among elite handball and football players 1-6 years after anterior cruciate ligament injury. *Scand J Med Sci Sports*, *27*(5), 545-553. doi:10.1111/sms.12842

- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med, 13*(2), 71-78.
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports, 8*(3), 149-153.
- Möller, M., Attermann, J., Myklebust, G., & Wedderkopp, N. (2012). Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach. *Br J Sports Med, 46*(7), 531-537. doi:10.1136/bjsports-2012-091022
- Negrete, R. J., Schick, E. A., & Cooper, J. P. (2007). Lower-limb dominance as a possible etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tears. *J Strength Cond Res, 21*(1), 270-273. doi:10.1519/r-19755.1
- Nilstad, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Holme, I., & Steffen, K. (2014). Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *Am J Sports Med, 42*(4), 940-948. doi:10.1177/0363546513518741
- Numata, H., Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Takata, Y., . . . Tsuchiya, H. (2018). Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 26*(2), 442-447. doi:10.1007/s00167-017-4681-9
- O'Donoghue, P. (2013). *Statistics for sport and exercise studies: An introduction*: Routledge.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med, 32*(4), 1002-1012. doi:10.1177/0363546503261724

- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2006). Injury pattern in youth team handball: a comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports*, 16(6), 426-432. doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00484.x
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sports*, 13(5), 299-304.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 330(7489), 449. doi:10.1136/bmj.38330.632801.8F
- Orchard, J., Seward, H., McGivern, J., & Hood, S. (2001). Intrinsic and extrinsic risk factors for anterior cruciate ligament injury in Australian footballers. *Am J Sports Med*, 29(2), 196-200. doi:10.1177/03635465010290021301
- Orkelbog, K. A. (2018). *Fordypningsoppgave (Vår 2018)*. (Fordypningsoppgave), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Ortiz, A., Rosario-Canales, M., Rodriguez, A., Seda, A., Figueroa, C., & Venegas-Rios, H. L. (2016). Reliability and concurrent validity between two-dimensional and three-dimensional evaluations of knee valgus during drop jumps. *Open Access J Sports Med*, 7, 65-73. doi:10.2147/oajsm.s100242
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Beutler, A. I., de la Motte, S. J., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2015). The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury-Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *J Athl Train*, 50(6), 589-595. doi:10.4085/1062-6050-50.1.10
- Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., Jr., & Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *Am J Sports Med*, 37(10), 1996-2002. doi:10.1177/0363546509343200

- Pasanen, K., Parkkari, J., Kannus, P., Rossi, L., Palvanen, M., Natri, A., & Jarvinen, M. (2008). Injury risk in female floorball: a prospective one-season follow-up. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1), 49-54. doi:10.1111/j.1600-0838.2007.00640.x
- Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clin J Sport Med*, 22(2), 116-121. doi:10.1097/JSM.0b013e318246ef9e
- Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2014). Incidence of Second ACL Injuries 2 Years After Primary ACL Reconstruction and Return to Sport. *Am J Sports Med*, 42(7), 1567-1573. doi:10.1177/0363546514530088
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2018). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*, 363546518782460. doi:10.1177/0363546518782460
- Pinczewski, L. A., Lyman, J., Salmon, L. J., Russell, V. J., Roe, J., & Linklater, J. (2007). A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med*, 35(4), 564-574. doi:10.1177/0363546506296042
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2009). *Foundations of clinical research : applications to practice* (3rd ed. ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Powers, C. M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(2), 42-51. doi:10.2519/jospt.2010.3337
- Prodromos, C. C., Han, Y., Rogowski, J., Joyce, B., & Shi, K. (2007). A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee

injury-reduction regimen. *Arthroscopy*, 23(12), 1320-1325.e1326.  
doi:10.1016/j.arthro.2007.07.003

Renström, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., . . .  
Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International  
Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*, 42(6), 394-412.  
doi:10.1136/bjsm.2008.048934

Rosvoll, M. (2017). *Inter-tester reliabilitet av 2-dimensjonale målinger i frontalplan ved  
ettbens knebøy og tobens fallhopp på kvinnelige elite håndball- og fotballspillere: en  
metodologisk studie*. (Masteroppgave), Norges Idrettshøgskole, Oslo.

Räisänen, A. M., Arkkila, H., Vasankari, T., Steffen, K., Parkkari, J., Kannus, P., . . . Pasanen,  
K. (2018). Investigation of knee control as a lower extremity injury risk factor: A  
prospective study in youth football. *Scand J Med Sci Sports*, 28(9), 2084-2092.  
doi:10.1111/sms.13197

Räisänen, A. M., Pasanen, K., Krosshaug, T., Vasankari, T., Kannus, P., Heinonen, A., . . .  
Parkkari, J. (2018). Association between frontal plane knee control and lower  
extremity injuries: a prospective study on young team sport athletes. *BMJ Open Sport  
Exerc Med*, 4(1), e000311. doi:10.1136/bmjsem-2017-000311

Salmon, L., Russell, V., Musgrove, T., Pinczewski, L., & Refshauge, K. (2005). Incidence  
and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate  
ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 21(8), 948-957.  
doi:10.1016/j.arthro.2005.04.110

Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K., & Kulas, A. S. (2015).  
ACL Research Retreat VII: An Update on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk  
Factor Identification, Screening, and Prevention. *J Athl Train*, 50(10), 1076-1093.  
doi:10.4085/1062-6050-50.10.06

- Smith, H. C., Johnson, R. J., Shultz, S. J., Tourville, T., Holterman, L. A., Slauterbeck, J., . . . Beynon, B. D. (2012). A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *Am J Sports Med*, *40*(3), 521-526. doi:10.1177/0363546511429776
- Smith, H. C., Vacek, P., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., Hashemi, J., Shultz, S., & Beynon, B. D. (2012). Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature - part 1: neuromuscular and anatomic risk. *Sports Health*, *4*(1), 69-78. doi:10.1177/1941738111428281
- Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J., & Cobley, S. (2016). The Efficacy of Injury Prevention Programs in Adolescent Team Sports: A Meta-analysis. *Am J Sports Med*, *44*(9), 2415-2424. doi:10.1177/0363546515618372
- Steffen, K., Nilstad, A., Kristianslund, E. K., Myklebust, G., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2016). Association between Lower Extremity Muscle Strength and Noncontact ACL Injuries. *Med Sci Sports Exerc*, *48*(11), 2082-2089. doi:10.1249/mss.0000000000001014
- Steffen, K., Nilstad, A., Krosshaug, T., Pasanen, K., Killingmo, A., & Bahr, R. (2017). No association between static and dynamic postural control and ACL injury risk among female elite handball and football players: a prospective study of 838 players. *Br J Sports Med*, *51*(4), 253-259. doi:10.1136/bjsports-2016-097068
- Stensrud, S., Myklebust, G., Kristianslund, E., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2011). Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. *Br J Sports Med*, *45*(7), 589-595. doi:10.1136/bjism.2010.078287
- Stickler, L., Finley, M., & Gulgin, H. (2015). Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Phys Ther Sport*, *16*(1), 66-71. doi:10.1016/j.ptsp.2014.05.002



- Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., Pepin, M. J., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2016). Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *Br J Sports Med*, *50*(20), 1259-1266. doi:10.1136/bjsports-2015-095596
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *Br J Sports Med*, *49*(5), 282-289. doi:10.1136/bjsports-2014-093461
- Söderman, K., Adolphson, J., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2001). Injuries in adolescent female players in European football: a prospective study over one outdoor soccer season. *Scand J Med Sci Sports*, *11*(5), 299-304.
- Taylor, J. B., Waxman, J. P., Richter, S. J., & Shultz, S. J. (2015). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, *49*(2), 79-87. doi:10.1136/bjsports-2013-092358
- Tegnander, A., Olsen, O. E., Moholdt, T. T., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Injuries in Norwegian female elite soccer: a prospective one-season cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *16*(2), 194-198. doi:10.1007/s00167-007-0403-z
- Tengman, E., Brax Olofsson, L., Nilsson, K. G., Tegner, Y., Lundgren, L., & Hager, C. K. (2014). Anterior cruciate ligament injury after more than 20 years: I. Physical activity level and knee function. *Scand J Med Sci Sports*, *24*(6), e491-500. doi:10.1111/sms.12212
- Pórarinsdóttir, S. (2018). *Association between maximal hip and knee strength and frontal plane projection angle, medial knee displacement and lateral pelvic tilt during a single leg squat*. (Master Thesis), Norwegian School of Sport Sciences, Oslo.

- van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med*, *14*(2), 82-99. doi:10.2165/00007256-199214020-00002
- Walden, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P., & Hagglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, *344*, e3042. doi:10.1136/bmj.e3042
- Walden, M., Hagglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *19*(1), 3-10. doi:10.1007/s00167-010-1172-7
- Walden, M., Krosshaug, T., Bjerneboe, J., Andersen, T. E., Faul, O., & Hagglund, M. (2015). Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *Br J Sports Med*, *49*(22), 1452-1460. doi:10.1136/bjsports-2014-094573
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, *9*(1), 41-47.
- Weeks, B. K., Carty, C. P., & Horan, S. A. (2015). Effect of sex and fatigue on single leg squat kinematics in healthy young adults. *BMC Musculoskelet Disord*, *16*, 271. doi:10.1186/s12891-015-0739-3
- Weltin, E., Gollhofer, A., & Mornieux, G. (2016). Effect of gender on trunk and pelvis control during lateral movements with perturbed landing. *Eur J Sport Sci*, *16*(2), 182-189. doi:10.1080/17461391.2014.992478
- Whatman, C., Hume, P., & Hing, W. (2013a). Kinematics during lower extremity functional screening tests in young athletes - are they reliable and valid? *Phys Ther Sport*, *14*(2), 87-93. doi:10.1016/j.ptsp.2012.06.001

- Whatman, C., Hume, P., & Hing, W. (2013b). The reliability and validity of physiotherapist visual rating of dynamic pelvis and knee alignment in young athletes. *Phys Ther Sport*, *14*(3), 168-174. doi:10.1016/j.ptsp.2012.07.001
- Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*, *44*(7), 1861-1876. doi:10.1177/0363546515621554
- Willson, J. D., & Davis, I. S. (2008). Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, *38*(10), 606-615. doi:10.2519/jospt.2008.2706
- Willson, J. D., Ireland, M. L., & Davis, I. (2006). Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc*, *38*(5), 945-952. doi:10.1249/01.mss.0000218140.05074.fa
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007a). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med*, *35*(7), 1123-1130. doi:10.1177/0363546507301585
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007b). The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med*, *35*(3), 368-373. doi:10.1177/0363546506297909
- Zeller, B. L., McCrory, J. L., Kibler, W. B., & Uhl, T. L. (2003). Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *Am J Sports Med*, *31*(3), 449-456. doi:10.1177/03635465030310032101
- Øiestad, B. E., Holm, I., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2011). The association between radiographic knee osteoarthritis and knee symptoms, function and quality of life 10-15

years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*, 45(7), 583-588.  
doi:10.1136/bjism.2010.073130

Östenberg, A., & Roos, H. (2000). Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports*, 10(5), 279-285.

## Tabelloversikt

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabell 1.</b> Demografiske data og skadehistorikk for spillere med ACL-skade (n=51) og uten ACL-skade (n=578).....  | 40 |
| <b>Tabell 2.</b> Differanse mellom første og siste forsøk ettbens knebøy for variablene FPPV, MKP og LBT. ....   | 40 |
| <b>Tabell 3.</b> Odds ratio (OR) for ny ACL-skade hos spillere med tidligere ACL-skade (n = 52).<br>.....  | 41 |
| <b>Tabell 4.</b> Forskjeller i FPPV, MKP og LBT mellom ACL-skadede og uskadede ben (N = 1258).....   | 42 |
| <b>Tabell 5.</b> Forskjeller i variablene FPPV, MKP og LBT mellom dominant og ikke-dominant ben innad hos de ACL-skadede og uskadede spillerne (N = 618). ....   | 44 |
| <b>Tabell 6.</b> Standardisert OR (per 1-SD endring) i hver variabel. Basert på tre separate logistiske regresjonsanalyser med ben som enhet, høyre og venstre kombinert (n =1233), og ny ACL-skade som utfallsmål. .... | 45 |

## Figuroversikt

|   |    |
|---|----|
| <b>Figur 1.</b> En omfattende modell for skadeårsak. Figuren er hentet fra Bahr & Krosshaug (2005), utviklet fra den multifaktorielle modellen laget av Meeuwisse (1994). ..... | 16 |
| <b>Figur 2.</b> Tilpasning av tråd med metallobjekt lateralt til hofte med 90° fleksjon i kneet. ....   | 27 |
| <b>Figur 3.</b> Startposisjon og 90° knefleksjon i ettbens knebøy. ....   | 27 |
| <b>Figur 4.</b> Posisjonering av kamera ved 2D-videoanalyse. Laget og gjengitt fra Krosshaug, T.28  |    |
| <b>Figur 5.</b> Markørplassering ved ettbens knebøy høyre side (figur til venstre) og ettbens knebøy venstre side (figur til høyre). ....                                       | 30 |
| <b>Figur 6.</b> Prosessen fra standardisering av metode til statistiske analyser. ....  | 30 |
| <b>Figur 7.</b> Skjelettmodeller for studering av bevegelse i leddsentrene under en ettbens knebøy høyre ben i frontalplanet og sagittalplanet. ....                            | 31 |
| <b>Figur 8.</b> Frontalplans projeksjonsvinkel (°) høyre ben. ....  | 33 |
| <b>Figur 9.</b> Vektorer (1 og 2) og vinkler (a° og b°) i ettbens knebøy høyre ben. ....  | 33 |
| <b>Figur 10.</b> Medial kneposisjon (%). ....   | 33 |
| <b>Figur 11.</b> Koordinater (x; y) for leddmarkører hofte, kne og ankel i en ettbens knebøy høyre ben. ....  | 34 |
| <b>Figur 12.</b> Koordinater (x; y) for leddmarkører hofte og ankel ved første kontakt tobens fallhopp, benyttet til å kalkulere benlengde i piksler. ....                      | 34 |
| <b>Figur 13.</b> Lateral bekkentilt (°) i ettbens knebøy høyre ben. ....  | 35 |
| <b>Figur 14.</b> Flytskjema over inkluderte og ekskluderte utøvere. ....  | 39 |
| <b>Figur 15.</b> Stor grad av fleksjon i trunkus under utførelse av ettbens knebøy høyre ben. ....  | 58 |

## Forkortelser

|       |  |
|-------|--|
| FPPV  | Frontalplans projeksjonsvinkel                     |
| MKP   | Medial kneposisjon                                 |
| LBT   | Lateral bekkentilt                                 |
| MKF   | Medial kneforflytning                              |
| ACL   | Anterior cruciatum ligament (fremre korsbånd)      |
| 2D    | To dimensjonal                                     |
| 3D    | Tre dimensjonal                                    |
| SIAS  | Spina iliaca anterior superior                     |
| SD    | Standard deviation (standard avvik)                |
| OR    | Odds ratio   |
| RR    | Relativ risiko                                     |
| SEM   | Standard error measurement (standard målefeil)     |
| ICC   | Intraclass correlation (inter-tester reliabilitet) |
| Cm    | Centimeter   |
| Nm    | Newtonmeter  |
| NMT   | Nevromuskulær trening                              |
| SPSS  | Statistical package for the social sciences        |
| STATA | Statistical software for data science              |

## **Vedlegg**

|   |    |
|---|----|
| <b>Vedlegg 1.</b> Samtykkeerklæring.....  | 89 |
| <b>Vedlegg 2.</b> Samtykkeerklæring under 18 år.....                                      | 91 |
| <b>Vedlegg 3.</b> Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK)..... | 92 |
| <b>Vedlegg 4.</b> Personvernombudet for forskning (NSD).....                              | 94 |



# Vedlegg 1



## FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I PROSJEKTET: *”Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og fotballspillere - En prospektiv kohortstudie”*

### Bakgrunn for undersøkelsen

Korsbåndsskader i fotball og håndball har i det siste vært et svært aktuelt tema, både i media og i forskningssammenheng. Dette skyldes først og fremst den relativt store hyppigheten av denne alvorlige skaden, spesielt blant kvinnelige utøvere, som ser ut til å skade seg 3-7 ganger hyppigere enn menn. Problemet så langt er imidlertid at vi vet for lite om risikofaktorene og skademekanismene for korsbåndskader. Denne informasjonen er viktig når vi forsøker å forebygge skader, både for å kunne vite hvem som vil ha størst glede av forebyggende trening og for å kunne utvikle mest mulig effektive treningsmetoder.

Senter for idrettsskadeforskning er en forskningsgruppe bestående av fysioterapeuter, kirurger og biomekanikere med kunnskap innen idrettsmedisin. Vår hovedmålsetting er å forebygge skader i norsk idrett, med spesiell satsning på fotball, håndball, ski og snowboard. Denne studien er en viktig brikke i arbeidet med å finne ut hvorfor noen får en korsbåndskade. Vi ønsker nå å undersøke ulike mulige risikofaktorer for korsbåndskader, for deretter å kartlegge hvem som får korsbåndskader de påfølgende sesongene.

### Gjennomføring av undersøkelsen

Vi ønsker at du som elitespiller deltar i denne studien, og deltakelsen er frivillig. Testingen vil finne sted på Norges idrettshøgskole. I løpet av en dag vil vi gjennomføre ulike styrke-, balanse- og bevegelighetstester, anatomiske målinger, samt gjennomføre en bevegelsesanalyse av hvordan du finter, vender, hopper og lander. Undersøkelsen starter med en kort oppvarming, deretter får du festet små refleksmarkører på kroppen (35 stk totalt). Du vil så bli bedt om å gjennomføre tre finter/vendinger og tre fallhopp. Under disse øvelsene vil det være 8 infrarøde kamera som filmer markørene, samtidig som kreftene fra underlaget blir målt. Dataene fra markører, kraftplattform og anatomiske mål benyttes i en matematisk modell som gir ut leddkrefter og momenter. Disse kreftene/momentene gir oss informasjon om hvordan muskler og passive strukturer som leddbånd belastes.

Bevegelsesanalysen vil ta ca. 1,5 time, inkludert anatomiske målinger og påsetting av markører. De andre testene gjennomføres resten av tiden laget er på NIH, og totalt vil testene ta om lag åtte timer. I tillegg til disse testene vil du få utdelt et skjema, der vi spør om treningserfaring, tidligere skader, skade i familien, treningsmengde, menstruasjonsstatus og knefunksjon. Spørreskjemaet besvares i løpet av testdagen, og det vil ta ca. 30 min.

### Behandling av testresultatene

Vi vil de neste tre sesongene følge opp alle lag og spillere som har deltatt på testing hos oss for å registrere alle korsbåndskader som oppstår.

Vi er også interessert i å kunne kontakte deg senere med tanke på oppfølgingsstudier. Dette kan f.eks. skje ved at du får tilsendt et spørreskjema. Av den grunn vil vi lagre resultatene fra testene og svarene på spørreskjemaet fram til 1.6.2017. Etter dette vil dataene bli anonymisert. Dataene vil bli behandlet konfidensielt, og kun i forskningssammenheng. Alle som utfører testingen og forskere som benytter dataene er underlagt taushetsplikt. Dersom du ikke ønsker å være med på etterundersøkelser, kan du reservere deg mot dette i samtykkeerklæringen. I så fall vil alle dine data bli anonymisert etter fire år.

Vi vil underveis i testingen ta videoopptak av dere som vi senere kan ønske å bruke i undervisnings- og formidlingssammenheng. Opptakene inkluderer situasjoner der dere kun har på shorts og sports-BH. Dersom dere ikke vil at deres opptak skal være aktuelle for slik bruk krysser dere av for det i samtykkeerklæringen.

### Hva får du ut av det?

Vi kan ikke tilby noe honorar for oppmøtet, men vil dekke eventuelle reise- og matutgifter. I tillegg vil du få kopi av dine resultater fra styrketestene som gjennomføres i løpet av testdagen.

### Angrer du?

Du kan selvfølgelig trekke deg fra forsøket når som helst uten å måtte oppgi noen grunn. Alle data som angår deg vil uansett bli anonymisert.

### Spørsmål?

Ring gjerne til Tron Krosshaug, tlf.: 45 66 00 46 hvis du har spørsmål om prosjektet, eller send e-post til [tron.krosshaug@nih.no](mailto:tron.krosshaug@nih.no).

*”Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og fotballspillere - En prospektiv kohortstudie”*

## SAMTYKKEERKLÆRING

Jeg har mottatt skriftlig og muntlig informasjon om studien *Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og fotballspillere - En prospektiv kohortstudie*. Jeg er klar over at jeg kan trekke meg fra undersøkelsen på et hvilket som helst tidspunkt.

- Jeg ønsker ikke å bli kontaktet etter endt karriere med tanke på oppfølgingsstudier
- Jeg ønsker ikke at video av meg skal brukes i undervisningssammenheng

Sted

Dato

.....

.....

.....  
Underskrift

.....  
Navn med blokkbokstaver

.....  
Adresse

.....  
Mobiltelefon

.....  
E-postadresse

## Vedlegg 2



*”Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og fotballspillere - En prospektiv kohortstudie”*

### SAMTYKKEERKLÆRING

Jeg har mottatt skriftlig og muntlig informasjon om studien *Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og fotballspillere - En prospektiv kohortstudie*. Jeg er klar over at jeg kan trekke meg fra undersøkelsen på et hvilket som helst tidspunkt.

- Jeg ønsker ikke å bli kontaktet etter endt karriere med tanke på oppfølgingsstudier
- Jeg ønsker ikke at video av meg skal brukes i undervisningssammenheng

Sted ..... Dato .....

.....  
Underskrift spiller ..... Underskrift foresatt .....

.....  
Navn med blokkbokstaver

.....  
Adresse

.....  
Mobiltelefon

.....  
E-postadresse

## Vedlegg 3



### UNIVERSITETET I OSLO

DET MEDISINSKE FAKULTET

Forsker dr.scient. Tron Krosshaug  
Norges idrettshøgskole  
Pb. 4014 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Regional komité for medisinsk forskningsetikk

Sør- Norge (REK Sør)

Postboks 1130 Blindern

NO-0318 Oslo

Telefon: 228 44 666

Telefaks: 228 44 661

E-post: [rek-2@medisin.uio.no](mailto:rek-2@medisin.uio.no)

Nettadresse: [www.etikkom.no](http://www.etikkom.no)

**Dato:** 10.4.07

**Deres ref.:**

**Vår ref.:** S-07078a

**S-07078a Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndballspillere - en prospektiv kohortstudie [2.2007.511]**

Vi viser til brev datert 19.3.07 revidert informasjonsskriv med samtykkeerklæring og kopi av brev til klubbene.

Komiteen tar svar på merknader til etterretning.

Komiteen har ingen merknader til revidert informasjonsskriv med samtykkeerklæring.

Komiteen tilrår at prosjektet gjennomføres.

Vi ønsker lykke til med prosjektet.

Med vennlig hilsen

*Kristian Hagestad*  
Kristian Hagestad  
Fylkeslege cand.med., spes. i samf.med  
Leder

*Jørgen Hardang*  
Jørgen Hardang  
Sekretær



**UNIVERSITETET I OSLO**  
**DET MEDISINSKE FAKULTET**

Forsker dr.scient. Tron Krosshaug  
Norges idrettshøgskole  
Pb. 4014 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

**Regional komité for medisinsk og helsefaglig  
forskningsetikk Sør-Øst A (REK Sør-Øst A)**  
Postboks 1130 Blindern  
NO-0318 Oslo

**Dato:** 15.12.08  
**Deres ref.:**  
**Vår ref.:** S-07078a

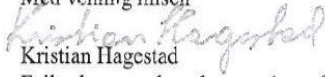
Telefon: 22 84 46 66  
Telefaks: 22 85 05 90  
E-post: jorgen.hardang@medisin.uio.no

**S-07078a Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndballspillere - en  
prospektiv kohortstudie [2.2007.511]**

Vi viser til skjema for protokolltillegg og endringer datert 3.12.08 vedlagt revidert informasjonsskriv.

Prosjektleder ønsker å utvide prosjektpopulasjonen til kvinnelige elitefotballspillere fra Toppserien i Norge (ca 240 spillere).

Komiteen godkjenner endringen slik den er beskrevet i skjema for protokolltillegg og endringer og videresender kopi av informasjonsskriv, endringskjema samt komiteens vedtak til Helsedirektoratet for behandling av endring av biobanken.

Med vennlig hilsen  
  
Kristian Hagestad  
Fylkeslege cand.med., spes. i samf.med  
Leder

  
Jørgen Hardang  
Sekretær

Kopi: Helsedirektoratet, Postboks 7000, St. Olavs plass, 0130 Oslo

# Vedlegg 4

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS  
NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hørfagres gate 29  
N-5007 Bergen  
Norway  
Tel: +47-55 58 21 17  
Fax: +47-55 58 96 50  
nsd@nsd.uib.no  
www.nsd.uib.no  
Org nr: 985 321 884

Tron Krosshaug  
Senter for idrettsskadeforskning  
Norges idrettshøgskole  
Pb 4014 Ullevål Stadion  
0806 OSLO

Dato: 16.02.2009

Vår ref: 16639 PB/LR

Deres dato:

Deres ref:

## ENDRING AV FORSKNINGSPROSJEKT

Vi viser til endringsmelding mottatt 28.12.2008, samt påfølgende e-postkorrespondanse med daglig ansvarlig (senest 13.02.2009), gjeldende prosjektet

16639 *Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og elitefotballspillere – en prospektiv kohortstudie*

I endringsskjema opplyses det om at man ønsker å utvide prosjektpopulasjonen til å også omfatte kvinnelige elitefotballspillere fra toppserien i Norge (ca. 240 individer). Tittelen på prosjektet endres dermed fra *Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndballspillere – en prospektiv kohortstudie* til *Risikofaktorer for fremre korsbåndskader hos kvinnelige elitehåndball- og elitefotballspillere – en prospektiv kohortstudie*.

For hele utvalget ønsker man videre å se på genetiske faktorer som risikofaktorer for fremre korsbåndskader. Man skal ta blodprøve (5 ml. venøs prøve) av deltagerne for å studere genvarianter som kan bidra til å lage et svakere ligament. Kollagen er en viktig substans i ligamenter, og man vil i første omgang se på gener som er ansvarlige for kvaliteten mht. kollagenfibre. Prøven sendes til aidentifisert (med kobling til navneliste som oppbevares ved NIH) til Ullevål Universitetssykehus for å ekstrahere DNA. Ekstrahert DNA vil bli sendt til samarbeidspartner i Sør-Afrika, Exercise Science and Sports Medicine Research Unit (ESSM) for videre analyse. Det vil på grunnlag av analysene gjøres sammenligninger mellom skadede og ikke skadede spillere. Resultatene av testene vil kun være tilgjengelig for dette forskningsformålet. Biobanken opprettes ved Ullevål Universitetssykehus.

En ytterligere endring av prosjektet består i at ombudet etter avtale med daglig ansvarlig Tron Krosshaug, registrerer prosjektet som forskerprosjekt i stedet for som studentprosjekt. Studenten ved NIH Eirik Kristianslund er fortsatt å regne som medarbeider i prosjektet, men registreringsendringen foretas på bakgrunn av at prosjektets tidsperspektiv (planlagt avslutning i 2017) gjør det lite hensiktsmessig å la studenten bli stående som kontaktperson for ombudet. Videre registreres stipendiaten ved NIH Agnethe Nilstad som medarbeider i prosjektet sammen med Dr. Scient. Kathrin Steffen og Dr. Med. Thor Einar Andersen.

Ombudet mottok 13.02.2009 reviderte informasjonsskriv for rekruttering av deltagere til prosjektet og finner begge skrivene meget tilfredsstillende.

Ombudet legger til grunn at endringen, inkludert opprettelsen av forskningsbiobank, godkjennes

Avdelingskontorer / District Offices:

OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no

TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyre.svarva@svt.ntnu.no

TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsdmaa@svt.uit.no

av REK. Det bes om at kopi av tilråding ettersendes.

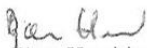
Ombudet anbefaler at det opprettes en databehandleravtale med Ullevål og med ESSM, jf. personopplysningsloven § 15.


Endringene medfører ingen endring av ombudets opprinnelige vurdering og tilråding av prosjektet (se brev datert 03.05.2007) mht. behandlings- eller hjemmelsgrunnlag.

Ombudet minner om at bruk av videoopptak i undervisnings- eller formidlingsøyemed kan medføre meldeplikt overfor Datatilsynet. Dette bør avklares direkte med tilsynet.

Ta gjerne kontakt dersom noe er uklart.

Vennlig hilsen

  
Bjørn Henrichsen

  
Pernilla Bollman

Kontaktperson: Pernilla Bollman 55 58 24 10