

Patrik Thun

Reduksjon av risikofaktorer for ACL-skader

Kan en styrke- og teknikkintervensjon redusere
kneabduksjonsmoment hos unge kvinnelige håndballspillere?

Masteroppgave i

Seksjon for idrettsmedisin

Norges idrettshøgskole, 2023

Sammendrag

Bakgrunn: Skade på det fremre korsbåndet (ACL) er blant de vanligste alvorlige skadene hos unge kvinnelige håndballspillere, og fører typisk til et langvarig skadeavbrekk. Ved en totalruptur av ACL med en påfølgende ACL-rekonstruksjon er det anbefalt en rehabilitering på minst ni måneder før spilleren er tilbake på håndballbanen. I tillegg er det kun halvparten av de som skader ACL som returnerer til samme nivå som tidligere. En stor andel av ACL-skadene skjer under en fintesituasjon, hvor høyt kneabduksjonsmoment (KAM) er en av de mest tydelige risikofaktorene. Det er derfor ønskelig å undersøke hvorvidt det er mulig å redusere KAM hos unge kvinnelige håndballspillere med en åtteukers styrke- og teknikkintervensjon.

Metode: Prosjektdesignet er et utforskende, ikke-randomisert klynge-kontrollert intervensjonsstudie med 40 kvinnelige håndballspillere fra norske toppidretts gymnaser. Intervensjonsprogrammet bestod av styrkeøvelser med fokus på hoftestyrke, spesielt abduksjons- og utoverrotasjonsstyrke, samt styrke for plantarfleksjon i ankelleddet. Intervensjonen bestod i tillegg av teknikkøvelser implementert i et oppvarmingsprogram, med fokus på forfotslanding og redusert knevalgus i finter. KAM ble undersøkt ved hjelp av Markørbasert 3D-analyse og kraftplattformdata.

Resultat: Begge gruppene hadde en reduksjon i KAM fra pretest til posttest, men det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene ($p = 0,34$). Faktisk ble det funnet en tendens til at kontrollgruppen reduserte KAM mer, med en reduksjon på 22,4% mot 13,5%. Heller ikke for utøverne med høyt KAM ved pretest ($>1,46$ Nm/kg) ble det funnet signifikante forskjeller mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen ($p = 0,541$).

Konklusjon: Den åtteukers styrke- og teknikkintervensjonen var ikke effektiv i å redusere KAM i en finte med retningsforandring hos unge kvinnelige håndballspillere.

Forord

Etter to år på NIH avsluttes en lærerik periode med denne masteroppgaven. Masteren i idrettsfysioterapi har vært en inspirerende mulighet som har åpnet øynene mine opp for det idrettsmedisinske miljøet i Norge. Studiet har allerede gitt meg muligheter som fysioterapeut, og flere muligheter vil forhåpentligvis komme. Jeg vil derfor takke alle forelesere og ansvarlige for studiet som gjør dette mulig.

Det har vært spennende og utfordrende å skrive oppgaven, samt planlegge og samle inn data. Det har vært interessant å få et innblikk i biomekanskens verden, og å bruke gammel og ny kunnskap i en helt ny setting.

Jeg ønsker å takke veilederen min, Tron for støtten og muligheten til å delta i dette prosjektet. Det har vært gøy og lærerikt å delta i et prosjekt med så mange flinke medarbeidere fra hele verden. Jeg vil takke alle de flinke prosjektmedarbeiderne fra Tyskland, India, Japan, Serbia og Norge. Jeg vil også takke alle utøverne som har bidratt i prosjektet, samt ledere ved toppidrettsgymnasene som har vært veldig samarbeidsvillige gjennom hele prosjektet.

Selv om resultatene i prosjektet kanskje ikke ble helt slik vi hadde håpet på, håper jeg at noen av våre funn kan bane vei for fremtidig forskning på emnet. Det vil bli interessant å følge dette temaet også i fremtiden.

Patrik Thun

Oslo, 29.05.2023

Forkortelser

ACL	Anterior cruciate ligament – Engelsk for «fremre korsbånd»
OSTRC	The Oslo Sports Trauma Research Center
KAM	Kneabduksjonsmoment
OR	Odds ratio
ICC	Intraclass Correlation Coefficient – Engelsk for «Intraklassekorrelasjonskoeffisienten»
Gj.snitt	Gjennomsnitt
NIH	Norges Idrettshøgskole
MCP	Metacarpophalangeal – Engelsk for «Metakarpofalangeal»
DSHS	Deutsche Sporthochschule Köln
Nm	Newtonmeter
SD	Standard deviation – Engelsk for «Standardavvik»
RIR	Repetisjoner i reserve
Q	Quadriceps
H	Hamstrings
VL	Vastus lateralis
VM	Vastus medialis

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	2
FORORD	3
FORKORTELSER	4
1. INNLEDNING	7
1.1 BAKGRUNN	7
1.2 PROBLEMSTILLING	9
2. TEORI	10
2.1 SKADEMEKANISME FOR ACL-SKADER	10
2.2 BAKGRUNN FOR TEKNIKKINTERVENSJON – ACL-SKADEFOREBYGGING	11
2.3 BAKGRUNN FOR STYRKEINTERVENSJON – ACL-SKADEFOREBYGGING	12
2.31 <i>Hoftemuskulatur</i>	12
2.32 <i>Hamstringsmuskulatur</i>	13
2.33 <i>Utfallsøvelser</i>	13
2.34 <i>Leggmuskulatur</i>	14
2.35 <i>Kjernemuskulatur</i>	14
2.4 INTERVENSJONSSTUDIER – BIOMEKANIKK I FINTEOPPGAVER	15
2.5 MARKØRBASERT 3D-ANALYSE	17
3. METODE	19
3.1 DESIGN	19
3.2 REKRUTTERING AV DELTAGERE	20
3.3 DATAINNSAMLING	22
3.4 TESTPROTOKOLL	24
3.41 <i>Forberedelser</i>	24
3.42 <i>Håndballfinte med retningsforandring</i>	24
3.43 <i>Live-Feedback</i>	25
3.5 STATISTISK METODE	26
3.51 <i>Bakgrunnsinformasjon</i>	26
3.52 <i>Utfallsvariabler</i>	26
3.53 <i>Statistisk analyse</i>	27
3.6 PERSONVERN OG DATASIKKERHET	27

3.7 INTERVENSJON	28
3.71 <i>Live-feedback</i>	28
3.72 <i>Styrkeintervensjon</i>	29
3.73 <i>Teknikkintervensjon – Oppvarmingsprogram</i>	31
4. RESULTAT	33
4.1 DELTAGERE	33
4.2 UTFALLSMÅL	36
4.21 <i>KAM</i>	36
4.22 <i>Undergruppeanalyse for utøvere med høyt KAM</i>	37
4.23 <i>Inngangshastighet</i>	38
5. DISKUSJON	39
5.1 TOLKING AV RESULTAT	39
5.12 <i>Effekten av styrke- og teknikkintervensjonen</i>	39
5.12 <i>Reduksjon i KAM</i>	39
5.13 <i>Inngangshastighet</i>	39
5.2 BAKGRUNN FOR ENDRING I KAM	41
5.21 <i>Kjennskap til oppgaven og utfallsmålet – Live-feedback</i>	41
5.22 <i>Endring av automatiserte bevegelser</i>	42
5.3 INTERVENSJONEN	44
5.31 <i>Etterlevelse</i>	44
5.32 <i>Intervensjonens varighet</i>	45
5.33 <i>Mekanismen bak ACL-skadeforebyggende intervensjoner -</i>	45
5.34 <i>Potensielle svakheter ved styrkeintervensjonen</i>	47
5.35 <i>Potensielle svakheter ved teknikkintervensjonen</i>	49
5.4 GENERALISERBARHET	50
5.5 OVERORDNET EVIDENS	51
6. KONKLUSJON	53
7. REFERANSER.....	54
8. VEDLEGG	69

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Skade på det fremre korsbåndet (ACL) er blant de vanligste alvorlige skadene hos idrettsutøvere. Det er spesielt vanlig i vridningsidretter som basketball, fotball og håndball (Moses et al., 2012). Tidligere studier viser at 1,4% av alle håndballspillere vil pådra seg en ACL-skade hvert år (Myklebust et al., 1997). Hos kvinnelige elitehåndballspillere er insidensen 0,31 skader per 1000 spillertimer. Til sammenligning var insidensene blant de mannlige elitehåndballspillere kun 0.06 skader per 1000 spillertimer, altså en fem ganger lavere risiko enn hos kvinnene (Myklebust et al., 1998). I kampsituasjon er skadeinsidensen hos kvinnelige elitespillere hele 1.62 per 1000 spilte time, noe som tilsvarer én skade per 44 kamper (Myklebust et al., 1997).

En ACL-skade fører typisk til et langvarig skadeavbrekk. Ved en totalruptur av ACL med en påfølgende ACL-rekonstruksjon er det anbefalt en rehabilitering på minst ni måneder før spilleren er tilbake på håndballbanen (Grindem et al., 2016). I vridningsidrettene fotball, håndball og basketball er det kun 53% som kommer tilbake til samme nivå som før skaden. Av utøvere som returnerer til samme nivå som tidligere, er det 41% som enten skader kontralateralt ACL eller trenger reoperasjon i løpet av de første 24 månedene (Lindanger et al., 2019). I tillegg gir ACL-skader en stor risikoøkning for tidlig meniskoperasjon og utvikling av posttraumatisk artrose (Frobell et al., 2013; Øiestad et al., 2009).

Tidligere har gjennomsnittsalderen for ACL-skader hos kvinnelige elitespillerne vært 21.9 år (Myklebust et al., 1997). Samtidig har det vært en økende trend i antall ACL-skader hos personer under 20 år de siste 20 årene (Dodwell et al., 2014). På bakgrunn av dette bør det være en prioritet å implementere skadeforebyggende tiltak hos unge kvinnelige utøvere som ønsker å ta steget opp til elitenivå.

Når det gjelder ACL-skader i håndball, skjer flesteparten av disse uten kontakt med motstander. (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998). Den vanligste ikke-kontaktskademekanismen er i en fintesituasjon, etterfulgt av en ett-bens landing fra et hoppeskudd (Olsen et al., 2004). Siden ACL-skader har alvorlige konsekvenser i form av skadevarighet, re-ruptur-rate og lav retur-til-idrett-rate, er motivasjonen for å utforske skadeforebyggende tiltak høy. Skadeforebyggende programmer har vist seg å redusere antallet ACL-skader hos kvinnelige elitespillere (Myklebust et al., 2003), men akkurat hvorfor og hvordan de fungerer er noe uklart. Hvilke spesifikke endringer hos den enkelte håndballspilleren gjør at risikoen reduseres?

Skadeforebyggende programmer bør baseres på skademekanismer og risikofaktorer knyttet til den aktuelle skaden (van Mechelen et al., 1992). The Oslo Sports Trauma Research Center (OSTRC) gjennomførte et ACL-risikofaktorstudie med 880 kvinnelige fotball- og håndballspillere fra de øverste divisjonene i Norge. En del av denne studien innebar en markørbasert 3D-analyse av håndballspillerne under en fintesituasjon. Fintebevegelsen bestod av en retningsforandring med det et sidesteg. Målet var å se hvilke biomekaniske egenskaper som typisk viste seg hos de utøverne som skadet ACL prospektivt. Studien undersøkte flere karakteristikk fra et biomekanisk perspektiv, blant annet maksimalt ytre kneabduksjonsmoment (KAM) og knefleksjonsmoment. Blant utfallsmålene som ble undersøkt, var det kun høyt KAM som var en signifikant prediktor for fremtidige ACL-skader (OR 1,70, CI 1,14-2,55) (Krosshaug et al., 2021). Disse funnene samsvarte med tidligere forskning som trekker frem KAM som en av de viktigste risikofaktorene for ACL-skader (Koga et al., 2010; Myer et al., 2015; Olsen et al., 2004; Quatman & Hewett, 2009; Sigurdsson et al., 2021).

KAM i en fintebevegelse er et resultat av flere forskjellige faktorer. Ifølge Kristianslund et al. (2014) bestemmer teknikkfaktorer hele 62% av variansen i KAM under en finte, hvorav redusert knevalgus og fortfotslanding er blant de viktigste faktorene for å redusere KAM. Tidligere studier trekker også frem sammenhengen mellom økt muskelstyrke og redusert dynamisk knevalgus (Claiborne et al., 2006; Neamatallah et al., 2020; Powers, 2010; Stickler

et al., 2015; Suzuki et al., 2015; Wilczyński et al., 2020). På bakgrunn av dette kan det tenkes at muskelstyrke er en potensielt viktig predikator, også for KAM. Intervensjonsstudier med fokus på glutealmuskulatur, kjernemuskulatur og leggmuskulatur har vist en reduksjon i dynamisk knevalgus ved ettbensoppgaver (Baldon Rde et al., 2014; Jeong et al., 2021; Omi et al., 2018; Sahabuddin et al., 2021; Sasaki et al., 2019; Saad et al., 2018). Samtidig har kombinerte teknikk- og styrkeintervensjoner vist seg å redusere sjansen for ACL-skader med over 50% (Donnell-Fink et al., 2015; Myklebust et al., 2003; Petushek et al., 2019). Likevel er det per nå ikke funnet noen studier som ser på den direkte sammenhengen mellom styrke- og teknikkintervensjoner og reduksjon av KAM i en fintesituasjon i håndball. Formålet med studien er derfor å undersøke om det er mulig å redusere KAM i en håndballfinte hos unge kvinnelige utøvere med en kombinert styrke- og teknikkintervensjon. På bakgrunn av den økte sjansen for ACL-skader hos utøvere med høyt KAM, er det også ønskelig å undersøke hvorvidt utøvere med høyt KAM har en effekt av en kombinert styrke- og teknikkintervensjon.

1.2 Problemstilling

Prosjektets hovedproblemstilling er: «Vil en åtteukers styrke- og teknikkintervensjon redusere kneabduksjonsmoment i en finte med retningsforandring hos unge kvinnelige håndballspillere?». I tillegg til hovedproblemstillingen er det også ønskelig å undersøke hvilken effekt styrke- og teknikkintervensjonen har på de utøverne med spesielt høyt kneabduksjonsmoment.

2. Teori

2.1 Skademekanisme for ACL-skader

Tidligere studier viser at 89-95% av alle ACL-skader i håndball skjer som en følge av en ikke-kontaktssituasjon (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998). Olsen et al. (2004) gjennomførte en videoanalyse av 20 ACL skadesituasjoner fra kvinnelige elitehåndballspillere, hvorav 12 av disse skjedde i en finte med retningsforandring, mens fire skjedde under en ettbenslanding. De resterende fire skjedde ved enten nedbremsing (2), løping (1) eller kollisjon med motspiller (1). Av de 12 skadene som skjedde under en finte, skjedde hele ni uten kontakt, mens de resterende tre skjedde med «indirekte kontakt». Indirekte kontakt ble definert som å bli dyttet, truffet eller holdt i overkroppen.

Koga et al. (2010) undersøkte kneledds-kinematikken under ti forskjellige ACL-skader fra kvinnelig håndball og basketball. Leddbevegelsene i kneet viste seg å være overraskende konsistente, også uavhengig av idrett og om spillerne skadet seg under en finte eller en ettbenslanding. Basert på funnene i studien virker det sannsynlig at de fleste skader skjer omtrent 40 millisekunder etter kontakt med gulvet. Alle spillerne hadde en umiddelbar valgus-bevegelse de første 40 millisekundene etter initiell kontakt med gulvet. I tillegg observerte de en innoverrotasjon av tibia de første 40 millisekundene, etterfulgt av en utoverrotasjon, sannsynligvis etter at ACL var røket.

Viktigheten av å redusere valgusvinkel i kneet har vært aktuelt fra et skadeforebyggende perspektiv i flere idretter og type skader, blant annet i patellofemorale smerter (Petersen et al., 2017; Yang et al., 2022). Basert på kneleddets kinematikk under en ACL-skade, virker reduksjon av valgusvinkel logisk også for å forebygge disse skadene i håndball. Flere oversiktsartikler trekker frem knevalgus som en mulig risikofaktor og et viktig fokuspunkt i ACL-skadeforebygging (Donelon et al., 2020; Larwa et al., 2021; Mehl et al., 2018).

I risikofaktorstudien til OSTRC ble blant annet valgusvinkel under initiell kontakt og maksimal valgusvinkel undersøkt under en fintebevegelse med retningsforandring hos håndballspillere. Ingen av disse kinematiske faktorene hadde en signifikant korrelasjon med fremtidige ACL-skader. Heller ikke maksimal knefleksjonsvinkel, knefleksjonsvinkel ved initiell kontakt, knefleksjonsmoment eller knerotasjonsmoment viste en sammenheng med ACL-skader. KAM var den eneste biomekaniske faktoren som hadde en signifikant korrelasjon med fremtidige ACL-skader (Krosshaug et al., 2021).

2.2 Bakgrunn for teknikkintervensjon – ACL-skadeforebygging

Et bredt spekter av treningsintervensjoner er aktuelle i ACL-skadeforebygging. Balanse, landingsstabilitet, smidighet, tøying og plyometrisk trening er blant treningsformene som er å finne i ACL-skadeforebyggende programmer (Petushek et al., 2019). Flere studier har også forsøkt å redusere sjansen for ACL-skader i flere idretter ved å minimere risikofaktorene relatert til skadene, for eksempel ved å endre biomekanikk (Cochrane et al., 2010; Dempsey et al., 2007; Dos'Santos et al., 2021; Jeong et al., 2021; Yang et al., 2018).

For å konstruere en teknikkintervensjon som baserer seg på risikofaktorer relatert til biomekanikk, er det viktig å kartlegge hvilke risikofaktorer som er relevante i akkurat denne spesifikke idretten, populasjonen og bevegelsesoppgaven. Kristianslund et al. (2014) gjennomførte en tversnittstudie med 123 kvinnelige elitehåndballspillere. Formålet var å undersøke hvilke tekniske faktorer i håndballfinten som påvirket KAM, og dermed også potensielt hvilke faktorer som kan påvirkes for å redusere sjansen for ACL-skader. Studien fant at teknikkfaktorer bestemmer hele 62% av variansen i KAM under en finte.

Knevalgusvinkel, forfotlanding og bredden på finten var faktorene som hadde mest påvirkning på KAM de første 100 ms av standfasen. For eksempel viste en knevalgusvinkelreduksjon på 4.4° en reduksjon i KAM på 19%, mens en 16° økning i plantarfleksjon i ankelleddet ved initiell kontakt reduserte KAM med 13%. Å redusere knevalgus så ut til å påvirke KAM ved å redusere momentarmen til reaksjonskraftvektoren fra

underlaget. Forfatteren spådde at forfotlanding ville redusere størrelsen på reaksjonskraften fra underlaget på grunn av energiabsorpsjon gjennom ankelleddet, men dette var ikke tilfellet. Isteden så det ut som forfotlandingen tillot utøveren bedre posisjonering av underekstremiteten, og dermed reduserte momentarmen til reaksjonskraftvektoren. Videoanalyser av blant annet basketball, håndball og fotball viser at utøvere har i gjennomsnitt 12,2° mindre plantarfleksjon under initiell kontakt i situasjoner der de skader ACL sammenlignet med lignende situasjoner uten ACL-skader (Boden et al., 2009). Andre faktorer som påvirket KAM i en håndballfinte var vinkelen på finten og hastigheten inn i finten (Kristianslund, 2014)

2.3 Bakgrunn for styrkeintervensjon – ACL-skadeforebygging

2.31 Hoftemuskulatur

Tidligere forskning forteller oss at dynamisk knevalgus kan være et resultat av svake hofteabduktorer, herunder blant annet gluteus maximus og gluteus medius. Redusert styrke i nevnte muskler kan resulterer i økt innoverrotasjon av hoften, fremoverbevegelse av kneet, økt rotasjonsvinkler av tibia og fall av kontralateralt bekken (Powers, 2010). Flere intervensjonsstudier med fokus på hofteabduksjon- og utoverrotasjon-styrke har vist en signifikant reduksjon i dynamisk knevalgus etter en intervensjonsperiode (Baldon Rde et al., 2014; Saad et al., 2018). Det ser også ut til å være en korrelasjon mellom hofteabduksjonsstyrke og lav dynamisk valgusvinkel i ettbeinsoppgaver som ettbens-knebøy og ettbens-landing, (Claiborne et al., 2006; Neamatallah et al., 2020; Stickler et al., 2015; Suzuki et al., 2015; Wilczyński et al., 2020), samt i mer eksplosive ettbensoppgaver (Dix et al., 2019). Det finnes også studier som viser en korrelasjon mellom hoftestyrke og redusert risiko for ACL-skader direkte (Khayambashi et al., 2016; Zebis et al., 2022). En systematisk oversiktsartikkel fra Petushek et al. (2019) trekker frem viktigheten av å inkludere hoftestabiliserende øvelser i ACL-skadeforebyggende programmer.

2.32 Hamstringsmuskulatur

Det er ikke bare glutealmuskulaturen som virker å være viktig for å redusere sjansen for ACL-skader. Hamstringsmuskulaturen er hos mange sett på som en viktig komponent i ACL-skadeforebygging på grunn av hamstrings egenskap til å stabilisere kneleddet under dynamiske oppgaver. Hamstringsmuskulaturens evne til å motstå strekk er svært viktig for å redusere den anteriore skjærekraften på tibia, og dermed også redusere belastningen på ACL. Akkurat derfor regnes hamstrings som en ACL-agonist (Blackburn et al., 2013; McNair et al., 1992). Zebis et al. (2022) fant i sin risikofaktorstudie at håndballspillere med lavere preaktivering av semitendinosus under en finte med retningsforandring hadde større sjanse for å skade ACL prospektivt. I tillegg viser kadaverstudier at mediale hamstring kan ha en viktig rolle i valguskontroll (Toor et al., 2019). Knedominante hamstringsøvelser som Nordic hamstrings er derfor en viktig del av et ACL-skadeforebyggende program (Petushek et al., 2019).

2.33 Utfallsøvelser

I den systematiske oversiktsartikkelen til Petushek et al. (2019) trekker de også frem utfallsøvelser som en viktig del av ACL-skadeforebyggende trening. De så en tendens til at intervensjonsstudier som inkluderer utfallsøvelser viste en lavere odds ratio (OR) for ACL-skader enn studier som ikke inkluderer dem. Det kan være flere teorier om hvorfor utfallsøvelser reduserer sjansen for ACL-skader i idrett. Flere studier har trukket frem det å lande på et stivt kne som en potensiell risikofaktor for ACL-skader, hvor det da hypotetisk vil være en fordel å inkorporere utfallsøvelser for økt eksentrisk knekontroll. Hashemi et al. (2011) foreslo en teori om at redusert knefleksjon under vektabsorbering øker den anteriore skjærekraften på tibia, muligens grunnet dårligere biomekaniske arbeidsforhold for hamstrings (Li et al., 1999). Evidensen er noe motstridende på dette emnet, selv om det sees en tendens til at redusert knefleksjonsvinkel og knefleksjonsmoment kan øke sjansen for ACL-skader i enkelte studier (Larwa et al., 2021). OSTRC risikofaktorstudie fant ingen signifikant korrelasjon mellom knefleksjonsmoment, maksimal knefleksjonsvinkel, knefleksjonsvinkel ved initiell kontakt og ACL-skader (Krosshaug et al., 2021). Det er også

viktig å understreke at utfallsøvelser kan trene flere muskler som er nevnt i sammenheng med ACL-skadeforebygging, blant annet gluteus medius og hamstring (Muyor et al., 2020). Det er ikke funnet noen litteratur som undersøker hvorvidt utfallsøvelser reduserer dynamisk knevalgus eller KAM direkte.

2.34 Leggmuskulatur

Intervensjonsstudier med fokus på leggmuskulatur kan potensielt ha en påvirkning på dynamisk knevalgus, men denne effekten er mer tydelig i kombinasjon med hoftedefokuserte øvelser (Sahabuddin et al., 2021). Vi vet at forfotlanding under en håndballfinte er en viktig teknikkfaktor for reduksjon av KAM (Kristianslund, 2014). Samtidig kan det ikke på bakgrunn av dette trekkes noen konklusjon om at styrke i leggmuskulaturen er viktig for forfotlanding. Det er imidlertid sett en potensiell korrelasjon mellom soleus aktivering og redusert fremoverbevegelse av tibia under ettbenslandinger (Mokhtarzadeh et al., 2013), samt dynamisk knevalgus og mobilitet i ankelleddet (Lima et al., 2018).

2.35 Kjernemuskulatur

Intervensjonsprogrammer med fokus på kjernemuskulaturøvelser har vist seg å være effektive i å endre biomekanikk knyttet til ACL-skaderisiko. Jeong et al. (2021) reduserte hofteddusjon, knevalgus og lateralfleksjon av kroppen ved initiell kontakt under finter hos mannlige ikke-idrettsutøvere. Lignende resultater er funnet for reduksjon av maksimalt KAM i fallhoppstest og ettbensknebøy etter en åtteukers intervensjon med kjernemuskulaturøvelser hos mannlige basketballspillere (Sasaki et al., 2019). Noen studier peker også på redusert overkroppskontroll og økt lateralfleksjon av trunkus som potensielle risikofaktorer for ACL-skader. Denne teorien foreslår at økt lateralfleksjon av trunkus i frontalplanet vil føre til en forflytning av tyngdepunktet lateralt for kneleddet, som igjen vil føre til økt momentarm til reaksjonskraftvektoren, og dermed økt KAM (Hewett et al., 2009; Nakagawa et al., 2015). På bakgrunn av dette kan det være verdifullt å inkorporere elementer av kjernestabilitet i ACL-skadeforebyggende programmer. Faktisk viser studier at redusert lateralfleksjon av trunkus

under en sideplanke har en korrelasjon med redusert dynamisk knevalgus under ettbensknebøy (Nakagawa et al., 2015).

2.4 Intervensjonsstudier – Biomekanikk i finteoppgaver

Den tilgjengelige evidensen på reduksjon av KAM i finteoppgaver spesifikt i håndball er lav, og det er ikke funnet noen tidligere studier som ser på effekten av en kombinert styrke- og teknikkintervensjon for dette utfallsmålet. Zebis et al. (2016) gjennomførte imidlertid en randomisert kontrollert studie som undersøkte effekten av nevro-muskulær trening på muskelaktivering og biomekanikk under en finte hos 40 kvinnelige håndball- og fotballspillere. Intervensjonens fokuspunkt var kroppsbevissthet og motorkontroll i hofter, kne og ankel under løping, hopping, finter, landinger og stående. Utøverne brukte vippebrett, balansematter og baller under øvelsene. Øvelsene ble gjennomført i 15 minutter, tre ganger per uke, i en 12-ukers periode. Det ble ikke funnet noen statistisk signifikante forskjeller for noen av de biomekaniske variablene undersøkt, herunder KAM, valgusvinkel og kne- og hoftefleksjonsvinkel under initiell kontakt.

Den resterende overordnede evidensen er nødt til å baseres på alternative idretter. Dempsey et al. (2007) undersøkte hvordan forskjellige pålagte teknikkendringer ville påvirke knekinetikk, blant annet maksimalt KAM under en finte med retningsforandring. Totalt 15 mannlige amatørutøvere fra fotball, australsk fotball og rugby var inkludert. Resultatene fra denne studien viste at utøvere som bevisst reduserte lateralfleksjonen av overkroppen og avstanden mellom fintefoten og kroppen, hadde et redusert KAM umiddelbart. Studien så ikke på endringer over tid.

Cochrane et al. (2010) undersøkte fire forskjellige intervensjoner og deres påvirkning på knebiomekanikk hos 50 mannlige utøvere i australsk fotball. Flere biomekaniske variabler og idrettsspesifikke oppgaver ble undersøkt, blant annet KAM under finter med retningsforandringer. Utøverne ble fordelt inn i gruppene; balansetrening; frivektstrening; apparattrening; balansetrening og apparattrening; og en kontrollgruppe som kun gjennomførte

vanlige treninger med laget. Alle intervensjonene ble gjennomført i en laboratoriumsetting. De mest overbevisende resultatene blant de nevnte intervensjonene var for balansetrening. Utøverne som gjennomførte en 12-ukers balanseintervensjon, hadde en 62% reduksjon i maksimal KAM ved post-testing, noe som var en signifikant reduksjon sammenlignet med kontrollgruppen. Det ble ikke funnet noen signifikante endringer i de andre intervensjonsgruppene.

Jeong et al. (2020) ønsket å undersøke hvorvidt biomekanikk og muskelaktivering under en finte med retningsforandring ble påvirket av styrketrening alene. Studiepopulasjonen inkluderte 25 kvinnelige aktive ikke-idrettsutøvere, tilfeldig plassert i enten intervensjon- eller kontrollgruppe. Deltagerne i intervensjonsgruppen gjennomførte et generelt tiukers sirkeltreningsprogram med en hovedvekt av øvelser for bein og kjernemuskulatur. Selv om quadriceps- og hamstringstyrke økte signifikant i intervensjonsgruppen, var det ingen forskjell for noen kinetiske eller kinematiske variabler.

I en studie som kom ut året etter, ønsket Jeong et al. (2021) å undersøke effekten kjernemuskulaturovelser på muskelaktivering og biomekanikk under en finte med retningsforandring. Totalt 58 aktive mannlige ikke-idrettsutøvere ble tilfeldig plassert i intervensjonsgruppe eller kontrollgruppe. Utøverne i intervensjonsgruppen gjennomførte øvelser for kjernemuskulatur tre ganger per uke i en tiukers periode. Øvelsene bestod av varianter av sit-ups, planke, og hofteløft. Intervensjonsgruppen signifikant reduserte hoftedduksjon, knevalgus og lateralfleksjonsvinkel av kroppen under initiell kontakt, dog ingen forskjeller for maksimale vinkler for samme variabler. Det var ingen kinetiske variabler som ble undersøkt.

Dos'Santos et al. (2021) undersøkte effekten av en seksukers teknikkendringsintervensjon på knekinetikk hos 27 mannlige fotball-, rugby- og landhockeyutøvere under 90- og 45-graders retningsforandringer. Intervensjonen var fokusert på retningsforandringer, finter og nedbremsinger, alt av økende intensitet gjennom intervensjonsperioden. Det ble ikke funnet noen statistiske signifikante forskjeller mellom gruppene for knekinetikk. Forfatteren av studien trekker imidlertid frem at det var store individuelle forskjeller, hvor spesielt

høyrisikoutøvere i intervensjonsgruppen responderte godt på intervensjonen, samtidig som utøvere med lave knebelastninger faktisk viste en tendens til en negativ effekt av intervensjonen.

Yang et al. (2018) undersøkte effekten av et intervensjonsprogram på mannlige og kvinnelige college basketball- og volleyballspillere i Kina. Intervensjonen bestod av kjernestyrke, proprioepsjon, tøying, plyometriske øvelser og hofteekstensjonstrening. Målet med studien var å undersøke intervensjonens effekt på endring av biomekanikk i underekstremiteten ved finteoppgaver og landingsoppgaver. Intervensjonen ble gjennomført tre ganger per uke, over en fireukers periode. De mannlige utøverne i intervensjonsgruppen hadde en redusert knefleksjonsvinkel under landingsoppgaven, men ingen endring i fintoppgaven. De kvinnelige utøverne hadde ingen statistisk signifikante endringer.

2.5 Markørbasert 3D-analyse

Høyhastighetskameraer, elektrisk goniometer og akselerometer er bare noen av målemetodene som er brukt for å studere menneskers bevegelser (Hamilton et al., 2008). Markørbasert 3D-analyse og kraftplattformdata regnes som gullstandard for å studere leddkinematikk og kinetikk under motoriske oppgaver (Cappozzo et al., 2005; McLean et al., 2005). Markørene plasseres på utøverens hud, og infrarøde kameraer fanger opp refleksjonen fra markørene med hensikt om å spore det underliggende skjelettets bevegelser. Kraftplattformen måler reaksjonskreftene fra underlaget, mens markørdatabe rekonstruerer bevegelsen til utøvernes kroppssegmenter. Sammen kan de kalkulere kreftene som virker inn på et ledd ved bruk av invers dynamikk, hvor Newton-Euler-metoden er den mest brukte tilnærmingen (Winter, 1984).

Nøyaktigheten av markørbasert 3D-analyse kan påvirkes av flere metodologiske faktorer. Markørplassering (Della Croce et al., 2005), klyngevalg (Leardini et al., 2005), valg av referanseramme (Kristianslund et al., 2014) og frekvens på signalfiltreringen (Kristianslund et al., 2012) kan påvirke validiteten og reliabiliteten av målemetoden. Hudbevegelser i forhold

til underliggende skjelett er sett på som hovedfeilkilden knyttet til nøyaktigheten av 3D-basert bevegelsesanalyse, hvorav markører plassert på låret gir størst feilkilde sammenlignet med fluoroskopi eller «bone-pins»-markører (Peters et al., 2010; Reinschmidt et al., 1997; Stagni et al., 2005). Dette kan potensielt gi unøyaktige målinger, der de største feilene ofte sees ved abduksjons- og adduksjonsvinkel (Benoit et al., 2006). For å forebygge denne feilkilden, er det på områder med mye hudbevegelse anbefalt å bruke samlinger av markører, også kalt «klynger». Samtidig er det ønskelig å redusere antall markører på området med mye bevegelse, for eksempel ved å estimere hofteladdssenteret basert på mer stabile markører på bekkenet. (Bell et al., 1990; Cappozzo et al., 1997). På tross av dette har KAM undersøkt i laboratoriumsetting vist en god prediktiv validitet for ACL-skader, både i fintesituasjoner (Krosshaug et al., 2021) og i landingssituasjoner (Hewett et al., 2005).

Mok (2015) undersøkte i sin doktorgradsavhandling fra Norges Idrettshøgskole reliabiliteten til markørbasert 3D-analyse ved en håndballfinte med retningsforandring. Mok (2015) rapporterte en god reliabilitet mellom forskjellige testdager (Gj.snitt ICC: 0,72), samt en svært god reliabilitet innad i samme testdag (Gj.snitt ICC: 0,90) for maksimalt KAM, basert på tre testforsøk. Dette resultatet for en oppgave som av natur vil differensiere fra forsøk til forsøk, vil gi et godt grunnlag for sammenligning fra pretest til posttest (Mok, 2015).

3. Metode

3.1 Design

Forskningsprosjektet gjennomføres ved, og i regi av, Norges Idrettshøgskole (NIH) og i samarbeid med Den tyske idrettshøgskolen i Köln (Deutsche Sporthochschule Köln, DSHS, Spoho). Forskningsprosjektet er en del av flere bacheloroppgaver, masteroppgaver og doktorgradsavhandlinger, og det undersøkes et variert utvalg av problemstillinger basert på prosjektets datainnsamling og intervensjon. Virkningen av skadeforebyggende intervensjoner på reduksjon av ACL-skader er godt dokumentert, men vi vet ikke alt om mekanismene som ligger bak. Prosjektet er derfor i utgangspunktet designet som en utforskende pilotstudie som ønsker å undersøke forskjellige deler av ACL-skadeforebygging og prestasjonsforbedring, blant annet hvilken effekt den skadeforebyggende intervensjonen har på styrke, effektiviteten i retningsforandringer, utøvernes tanker om intervensjonen, effekten umiddelbare tilbakemeldinger har på reduksjon av KAM, samt effekten styrke- og teknikkintervensjonen har på reduksjon av KAM. Denne masteroppgaven omhandler virkningen av intervensjonen på reduksjon av KAM, noe som også er hovedutfallsmålet i det overordnede prosjektet. Samtidig vil flere deler ved forskningsprosjektet trekkes inn for å danne et mer helhetlig bilde av intervensjonens virkning.

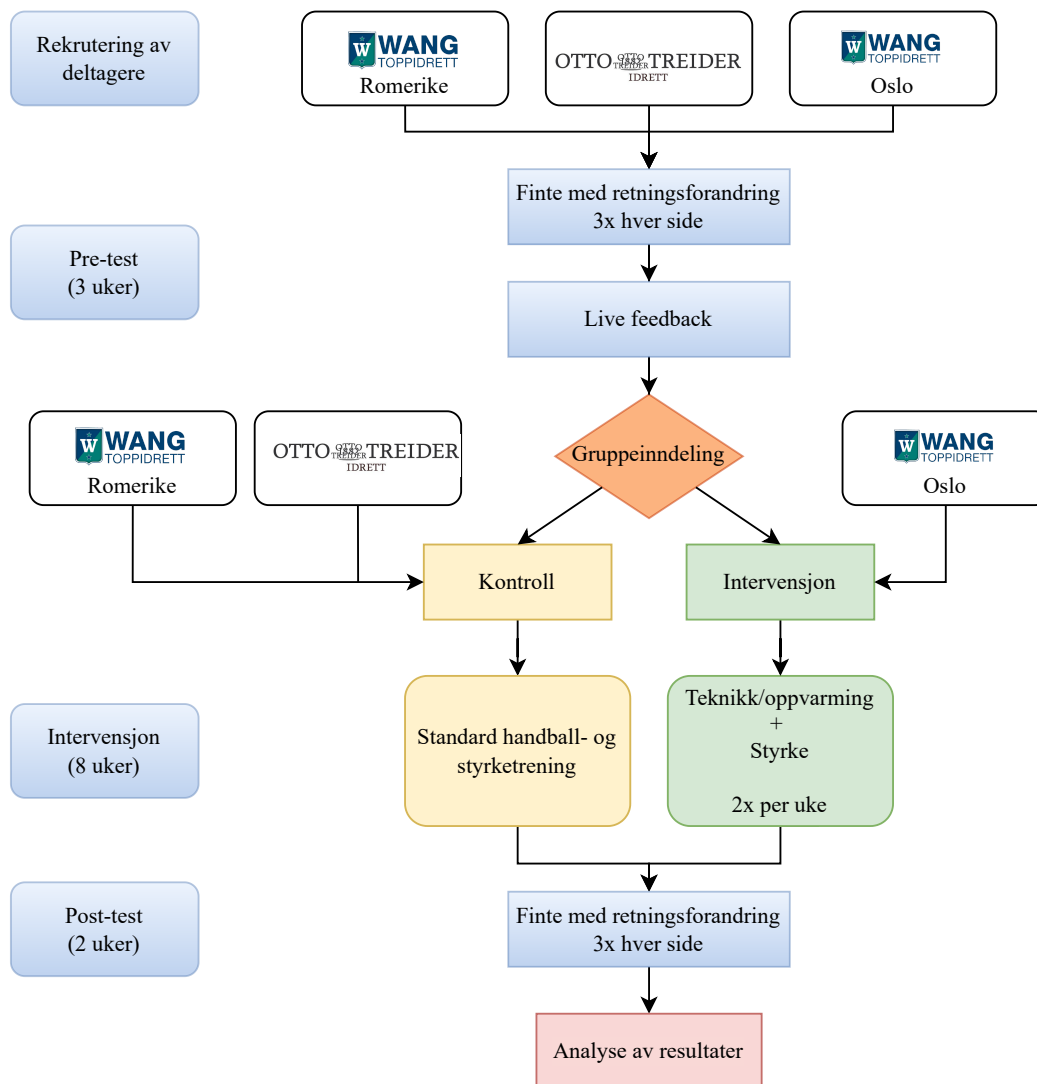
Prosjektet designet er et utforskende ikke-randomisert klynge-kontrollert intervensjonsstudie, hvorav to skoler ble inkludert i kontrollgruppen og én skole i intervensjonsgruppen. Etter inklusjon i studien gjennomførte alle utøverne pretest over en treukers periode. Etter endt pretest startet en åtteukers intervensjonsperiode, hvor intervensjonsgruppen gjennomførte en spesifikk styrke- og teknikkintervensjon, mens kontrollgruppen gjennomførte vanlige styrke- og håndballøkter. Etter endt intervensjonsperiode gjennomførte utøverne posttesting over en toukers periode.

Et klyngedesign ble valgt på grunn av ønske om å implementere intervensjonen i fellestreningene på skolen. Av praktiske grunner ville det vært komplisert om deler av treningsgruppen ikke gjennomførte den samme intervensjonen. Samtidig vil en slik inndeling minimere sjansen for «forurensning» mellom deltagere. Siden antall deltagere hos Wang Romerike og Otto Treider ble færre en ønsket, ble disse skolene slått sammen til én gruppe med 28 utøvere. Fra Wang Oslo var det 23 tilgjengelige utøvere, og dette ble derfor definert som den andre gruppen. Opprinnelig var det ønskelig å randomisere hvilken skole som havnet i intervensjonsgruppen, men Wang Oslo var den eneste skolen med et tilstrekkelig antall deltagere, og valget falt derfor automatisk på dem. Deltagerne var kun blindet for hovedutfallsmålet under pretesting, men grunnet live-feedbackdelen av studien visste både kontrollgruppen og intervensjonsgruppen hva som var hovedutfallsmålet under posttesting. Det var heller ingen blinding av de som administrerte datainnsamlingen eller instruerte intervensjonen. Studiedesignets oppsett er vist i *figur 1*.

3.2 Rekruttering av deltagere

Utøverne ble rekruttert fra skolene; Wang Oslo, Wang Romerike og Otto Treider. Håndballansvarlige trenere fra de aktuelle skolene ble invitert til NIH for å få presentert prosjektet og diskutert ønskede endringer. Deretter ble prosjektet presentert for de aktuelle utøverne på deres skoler. Utøverne mottok, i henhold til Helsinkideklarasjonen, et informert samtykkeskriv med informasjon om hva deltagelse i prosjektet innebar, frivillighet ved deltagelse, personvern og muligheten for å trekke seg når som helst uten å oppgi noen spesifikk grunn (*Vedlegg 4*) (Førde, 2014). Informert samtykke var utarbeidet i henhold til retningslinjer fra NSD og NIHs etiske komité. Utøvere fra 16 år og opp skrev selv under før inklusjon, mens utøvere under 16 år måtte få samtykke fra foresatte. Alle utøverne som ble rekruttert, var skadefri og spilleklare. Keepere ble ekskludert fra studien fordi de ikke typisk er i fintesituasjoner. Utøvere som skadet seg under studien eller av andre grunner ikke gjennomførte posttest, ble ekskludert fra prosjektet i den endelige analysen.

Siden ingen tidligere forskningsstudier er gjort med samme formål, er dette å betrakte som en pilotstudie i den forstand at ingen styrkeberegning er gjort i forkant av prosjektet. Antall deltagere i prosjektet er derfor basert på praktisk gjennomførbarhet og antagelser basert på utfallsmål og intervensjonen. Det var opprinnelig ønskelig å rekruttere 60-75 utøvere, noe som var et realistisk mål med tanke på antall håndballspillere per skole. På grunn av logistiske utfordringer under pretest endte det totale antall utøvere under pretesting på 51.



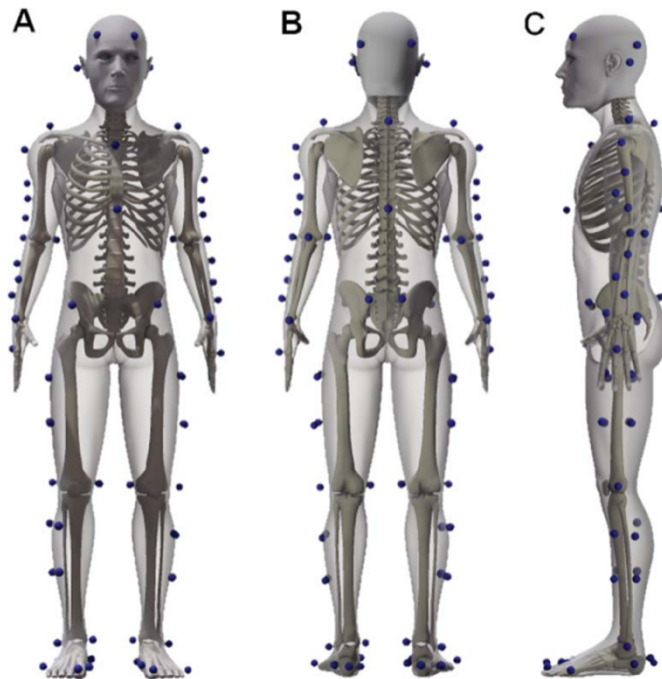
Figur 1: Flytdiagram viser studiedesignet steg for steg (viser kun steg relevant for denne masteroppgaven).

3.3 Datainnsamling

Datainnsamlingen ble gjennomført ved NIHs biomekaniske laboratorium under pretest og posttest. Markørbasert 3D-analyse (23 kameraer, Qualisys, Göteborg, Svergie, 200 Hz) og to gulvinnebygde kraftplattformer (AMTI, Watertown, Massachusetts, USA, 1000 Hz, 1200x600 mm) ble brukt for å måle KAM ved bruk av reaksjonskreftene fra underlaget og akselerasjonen til utøvernes kroppssegmenter. Et lavpass Butterworth filter med 20 Hz avkuttingsfrekvens ble anvendt på kinetisk og kinematisk data (Kristianslund et al., 2012; Mai & Willwacher, 2019).

Totalt 80 refleksive markører ble plassert på utøverne, enten direkte på huden, på sko eller på en «krone» på hodet. Markører på bekken og underekstremitetene er de viktigste markørene for utregning av KAM, og ble plassert ved følgende anatomiske landemerker; venstre og høyre spina iliaca anterior superior og posterior superior; mest superiore del av crista iliaca; mediale og laterale femurkondyler og mediale og laterale malleoler. Det ble i tillegg plassert klynger med fire markører på stabile plater på lateralsiden av lår og legger bilateralt. Det ble også plassert markører ved flere landemerker på utøverens sko; mest dorsale, laterale og mediale calcaneus; basen til femte og første metatarsal og basen til første proksimale falang. Ytterligere 38 markører ble plassert på trunkus, overekstremiteten og hodet, i all hovedsak for utregning av massesenteret til utøveren. Fire markører var plassert på en krone på hodet; en markør anteriort for øret på hver side. På ekstremitetene var markørene plassert på; acromion, mest laterale del av deltoid, mediale og laterale epicondyl, olecranon, caput ulna, styloideus radius og en markør mellom andre og tredje MCP-ledd. Det ble i tillegg plassert klynger med tre markører på lateralsiden av overarmene og underarmene. Markørene på trunkus var

plassert på; cervicalvirvel syv og thoracalvirvel ti, samt incisura jugularis sternum og xiphoideus sternum. Markørplassering er vist på *Bilde 1*.



Bilde 1: Markørplassering brukt under 3D-analysen av finteoppgaven.

Kne- og ankelleddsenteret var definert som midtpunktet mellom henholdsvis markører på femurkondylene og malleolene. Hofteleddsenteret og koordinatsystemet til bekkenet var definert i henhold til Harrington et al. (2007) og Seidel et al. (1995). Segmentenes treghet ble kalkulert ut i fra antropometrisk data fra de Leva (1996), mens underekstremitetenes ytre leddmomenter ble bestemt ved bruk av en rigid kroppsmodell basert på Hof (1992).

3.4 Testprotokoll

3.41 Forberedelser

Testprotokollen startet med å måle høyde og vekt, etterfulgt av utspørring om alder, spillerposisjon, styrketreningsbakgrunn, kampbelastning og nivå. Deretter ble markørene plassert på utøverne. Videre gjennomførte utøverne et standardisert oppvarmingsprogram som bestod av sykling i fem minutter, jogging forlengs og baklengs (fem runder av 30 meter), lateral forflytning forlengs og baklengs (fem runder av 30 meter), ti knebøy, ti tåhev og ti spensthopp. Deretter fikk utøverne gjennomføre så mange oppvarmingsforsøk på finteoppgaven som ønsket. Forsøkene ble gjennomført med økende intensitet helt til utøverne følte seg klare til å starte testforsøkene med full intensitet. Etter tre godkjente testforsøk på en side startet oppvarmingen på motsatt side.

3.42 Håndballfinte med retningsforandring

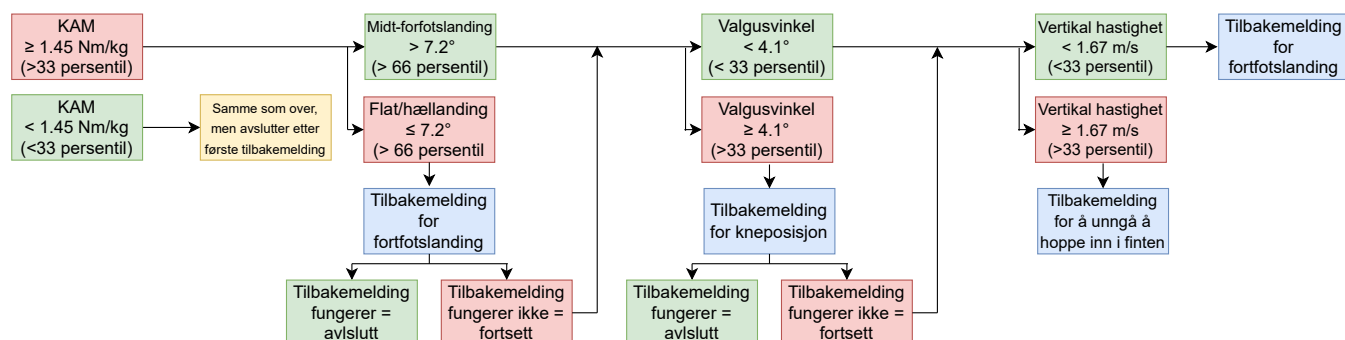
Finteoppgaven ble hentet fra OSTRC kohortstudien med håndballfinter (Krosshaug et al., 2021). Utøvernes oppgave var å utføre en fintebevegelse med (høyre-venstre) retningsforandring. Finten ble utført mot én statisk forsvarsspiller plassert foran seksmeteren. Utøverne startet fem meter tilbake og tre meter til siden (venstre) for der finten ble utført. Utøverne ankom forsvarer på en 30° vinkel. Utøverne ble bedt om å utføre en finte som er lik den de ville utført i kampsituasjon. Utøverne mottok en lateral pasning (venstre side) steget før finten ble utført. Målet var å finte en retning (høyre), med en rask retningsforandring mot motsatt side (venstre). Utøverne avsluttet bevegelsen med å simulere et skudd etter finten. Testen ble gjennomført på begge sider, hvor da oppgaven ble speilet når utøverne startet fra høyre side. Utøverne starten oppgaven på annenhver side, slik at det ble variasjon i hvilken retning utøverne fintet først. Finteoppgaven er vist i *Bilde 2*.



Bilde 2: Finteoppgave hentet fra Krosshaug et al. (2021) med tillatelse.

3.43 Live-Feedback

Etter gjennomføring av tre godkjente testforsøk til hver side ble utøverne presentert med data fra forsøkene via en tv-skjerm i laboratoriet. Dataene inneholdt maks KAM, samt teknikkfaktorer sett på som hensiktsmessige for å redusere KAM. Disse var; ankelvinkel under initiell kontakt, maksimal knevalgusvinkel og vertikal hastighet under initiell kontakt. Tilbakemeldingene var basert på en standardisert «feedback-loop». Alle utøverne fikk minst én instruksjon, mens utøverne med KAM >33 persentil (1,45 Nm/kg) kunne få tilbakemeldinger på alle teknikkfaktorene som var relevante for dem, hvorav ankelvinkel ved initiell kontakt var førsteprioritet. Om tilbakemeldingen fungerte, ble sesjonen avsluttet, men om tilbakemeldingen ikke fungerte, fikk utøveren en annen relevant tilbakemelding. Utøverne fikk tre godkjente testforsøk per tilbakemelding. Tilbakemeldingene kunne også variere fra høyre til venstre ben. Både utøvere i kontrollgruppe og intervensjonsgruppe gjennomførte live-feedback-sesjonen under pretest og posttest. «Feedback-loopen» for live-feedback-sesjonen er vist i *figur 2*.



Figur 2: «Feedback-loop» under live-feedback-sesjonen.

3.5 Statistisk metode

3.51 Bakgrunnsinformasjon

De demografiske karakteristikkene; alder, vekt og høyde ble registrert og er oppgitt som gjennomsnitt ± standardavvik (SD). Styrketreningsbakgrunn og kampbelastning er definert som minutter per uke og oppgitt som gjennomsnitt ±SD. Utøvernivå var delt opp i de tre kategoriene; «nivå 2», «nivå 3» og «< nivå 3», hvorav «< nivå 3» inneholder: nivå 4, nivå 5, junior, J2006. Nivå 2 representerer i denne sammenhengen 1. divisjon i Norge, som er det nest øverste nivået. Spillerposisjoner ble kategorisert som; «kantspiller», «bakspiller» eller «strekspiller». Nivå og posisjon ble oppgitt som antall spillere i hver kategori og prosentandel.

3.52 Utfallsvariabler

Maksimalt KAM ble målt de første 60 ms etter initiell kontakt, og var normalisert mot kroppsvekt. Initiell kontakt ble definert som tidspunktet den vertikale reaksjonskraften fra underlaget overskred 30 N. Gjennomsnittet av tre godkjente testforsøk ble brukt for KAM i den endelige analysen. Hastigheten inn i finten ble definert som massesenterets horisontale hastighet ved initiell kontakt, og ble oppgitt i meter per sekund (m/s). Vertikale bevegelser ble neglisjert og kun hastighet parallelt til underlaget ble brukt. Hastigheten ble kalkulert som et resultat av kvadratroten til; den anteriore hastigheten opphøyd i andre pluss den laterale hastigheten opphøyd i andre. KAM og inngangshastighet er oppgitt som gjennomsnitt ±SD.

Alle modellkalkulasjonene ble utført i et spesiallaget MATLAB skript (R2021a, The Mathworks, Natick, USA).

3.53 Statistisk analyse

Alle statistiske analyser ble gjennomført i SPSS (IMB SPSS Statistics inc, USA, versjon 29). Data ble analysert per protokoll, noe som ble definert som alle utøverne som fullførte minst to intervensjonsøkter per uke, og i tillegg gjennomførte både pre- og posttesting. Data ble normalitetstestet og kategorisert som et resultat av; gjennomsnitt-median, skjevhet, kurtose og Shapiro-Wilk normalitetstest. Siden studiedesignet brukte en klynge-fordeling, var det viktig å kartlegge hvorvidt gruppene var like. Mellom-gruppeforskjeller ble undersøkt ved bruk av uavhengig t-test for parametrisk data. Alder og kampbelastning kunne kategoriseres både som parametrisk og ikke-parametrisk data, og ble derfor analysert med uavhengig t-test og Mann-Whitney U-test. Utfallet var likt uavhengig av type test. Chi-kvadrattest ble brukt for kategorisk data. Hovedutfallsmålet var forskjellen i endringen i KAM fra pretest til posttest mellom gruppene, og ble undersøkt med uavhengig t-test. Ungergruppeanalyser ble gjennomført for utøvere med KAM over 1SD (>1.46 Nm/kg). I tillegg ble endring i inngangshastighet sammenlignet mellom grupper og innad i gruppene, med henholdsvis uavhengig t-test og paret t-test. Alfanivå var forhåndsbestemt til $\leq 0,05$ for alle analyser. I tillegg vil data fra live-feedback-sesjonen, spørreskjemadata og en oppsummering av resultatene fra styrketester bli inkludert for å danne grunnlag for diskusjonen.

3.6 Personvern og datasikkerhet

Prosjektet ble før oppstart godkjent av Norsk Senter for forskningsdata (NSD). Prosjektdataen klassifiseres som «gul» ved NIHs klassifisering forskningsdata. Dataen ble i første omgang registrert på en passordbeskyttet datamaskin i NIHs biomekaniske laboratorium, og deretter overført til prosjektmedarbeider utenfor NIH (DSHS, Köln) for analyse. Anonymisert data vil i tillegg lagres på NIHs server for dokumentasjon og fremtidig deling av data.

Masterstudenter fra NIH mottok anonymisert data for statistiske analyser som ble oppbevart

på personlig passordbeskyttet datamaskin. Prosjektdata vil bli slettet etter fem år i henhold til gjeldende forskrifter og lover for dataoppbevaring.

3.7 Intervensjon

Intervensjonen i prosjektet bestod av tre forskjellige deler som alle hadde som hensikt å redusere KAM hos utøverne; Live-feedback under testing, styrkeintervensjon og teknikkøvelser i et oppvarmingsprogram. Styrkeintervensjonen og oppvarmingsprogrammet ble gjennomført minst to ganger per uke i en åtteukers periode, og ble veiledet av trenere ved toppidrettsgymnaset. Live-feedback ble gjennomført ved pretest for alle utøverne, mens styrketrening og oppvarmingsprogram kun ble gjennomført av intervensjonsgruppen. En live-feedback-sesjon ble også gjennomført under posttesting, men denne ble gjennomført etter de godkjente testforsøkene, og vil derfor ikke ha noen påvirkning på utfallsmålet i dette prosjektet. Utøverne i kontrollgruppen gjennomførte deres vanlige håndball- og styrketrening under intervensjonsperioden.

3.71 Live-feedback

Både verbale og visuelle tilbakemeldinger er viktige virkemidler for utøveres læring (More & Franks, 1996). ACL-skadeforebyggende intervensjoner der utøverne får tilbakemeldinger på kroppsposisjon og teknisk utførelse, er mer effektive enn intervensjoner uten slike tilbakemeldinger (Hewett et al., 2006). Visuelle tilbakemeldinger i sanntid er også effektive for å redusere knevalgus under ettbenslanding (Marshall et al., 2020). På bakgrunn av dette var det ønskelig å undersøke effekten av tilbakemeldinger i sanntid på KAM under håndballfinten. Live-feedback delen av prosjektet er i hovedsak gjennomført som en del av en doktorgradsavhandling på NIH, og grunnet dette fikk alle utøverne som gjennomførte finteoppgaven slike tilbakemeldinger. Dette anses som viktig å vektlegge også i denne masteroppgaven grunnet eventuell påvirkning på resultatet. Live-feedback delen av intervensjonen ble gjennomført i det biomekaniske laboratoriet ved NIH.

3.72 Styrkeintervensjon

Valget av øvelser for styrkeintervensjonen var basert på tilgjengelig evidens på reduksjon av KAM og risikofaktorene knyttet til KAM. Når de spesifikke styrkeøvelsene skulle velges ut til programmet, var det viktig å kartlegge hvilke typer øvelser som allerede var en del av treningshverdagen til utøveren. Opprinnelig var det ønskelig å lage et fullverdig ACL-skadeforebyggende styrkeprogram med øvelser for gluteal-, hamstrings- og triceps surae, samt utfallsvarianter. Etter kartlegging ble det klart at utøverne allerede gjennomførte mye utfall- og hamstringsøvelser i deres treningsprogrammer på skolen. Derfor ble det prioritert å inkludere øvelser som ikke typisk var en del av utøvernes treningshverdag. Dette inkluderte øvelser på glutealmuskulatur for hofteabduksjon og utoverrotasjon, samt øvelser på triceps surae for styrke i plantarfleksjon av ankelleddet. En gluteus mediusøvelse ble også kombinert med en kjerneøvelser for mulig forsterket effekt.

De tre inkluderte øvelsene i programmet var «kamskjell», «sideplanke» og «tåhev» (*Bilde 3*). Disse øvelsene var ikke typisk en del av utøveres treningshverdag og hadde evidensbasert grunnlag for å påvirke KAM. Alle øvelsene ble konstruert med fokus på eksentrisk muskelaktivering i henhold til finteoppavens kvalitet. Øvelsene bestod av parøvelser som kunne gjennomføres uten utstyr på håndballbanen. Det ble også gitt variasjoner som kunne gjennomføres på et treningsrom med utstyr, samt variasjoner i vanskelighetsgrad for å passe alle utøverne. Progresjon i intensitet var kontrollert ved bruk av repetisjoner i reserve (RIR) og var implementert på uke to og fem, for å forsikre om kontinuerlig muskelstimulering. Antall repetisjoner per sett ble redusert under perioden for å avslutte på et repetisjonsantall som var mer forbeholdt økning i maksimal styrke. Antall sett ble justert opp under perioden. Øvelsene ble enten gjennomført på håndballbanen i etterkant av trening, eller på styrkerommet. Gjennomgang av øvelsene var estimert til å ta 20 minutter. Øvelsesutvalget med progresjon, motstand og volum er presentert i *Tabell 1*. Hele øvelsesutvalget med progresjoner og instruksjoner er inkludert i *Vedlegg 3*.



Bilde 3: Øvelsene «kamskjell», «sideplanke» og «tåhev».

Styrkeøvelser	Uke 1-2 Tilvenning			Uke 3-5 Middels Hardt			Uke 6-8 Hardt		
	Rep	Set	RIR	Rep	Set	RIR	Rep	Set	RIR
Treningssenterøkt									
Sideplanke	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Clam Shell	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Tåhev (Beinpress eller Smithmaskin)	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Håndballbaneøkt									
Sideplanke	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Clam shell	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Tåhev m/partner	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0

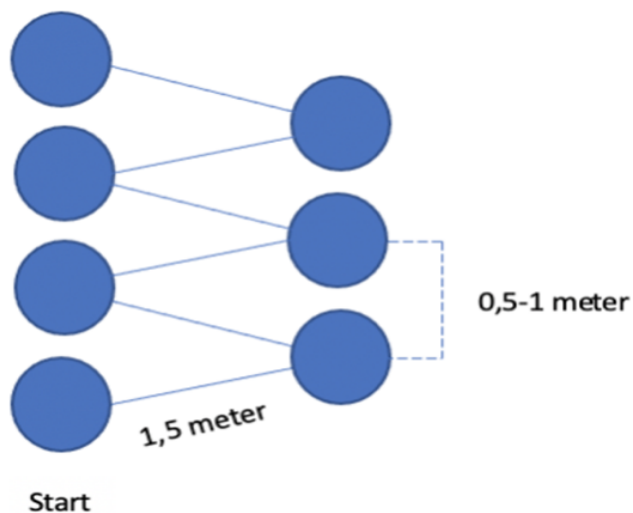
RIR: Repetisjoner i reserve.

0 RIR = motstanden er så høy at utøveren ikke vil være i stand til å gjennomføre en ekstra repetisjon.

Tabell 1: Øvelsesutvalget med progresjoner, motstand og volum.

3.73 Teknikkintervensjon – Oppvarmingsprogram

Teknikkøvelsene ble implementert som deler av et standard oppvarmingsprogram, og ble gjennomført under håndballtrening. Inklusjonen av øvelsene i oppvarmingsprogrammet ble i stor grad inspirert av tversnittstudien til Kristianslund (2014), hvor de undersøkte hvilke teknikkfaktorer som påvirket KAM i en håndballfinte. Stor fintevinkel, høy inngangshastighet og høy fintebredde var faktorer som i studien kunne predikere et høyere KAM, men disse faktorene ble sett på som uhensiktsmessige å påvirke i en intervensjon. Disse faktorene ble betraktet som viktige for effektiviteten av finten, og en påvirkning av disse faktorene vil kunne ha negativ effekt på finten. Redusert knevalgusvinkel og forfotslanding hadde i studien en reduserende effekt på KAM og dermed en potensiell reduserende effekt for ACL-skader, noe som også samsvarer med annen forskning (Koga et al., 2010; Myer et al., 2014). Reduksjon av knevalgus og forfotslanding under en håndballspesifikk finte var derfor hovedfokuset i oppvarmingsprogrammet, hvorav vanskelighetsgrad og spesifisitet mot håndball økte gradvis gjennom de åtte ukene. Øvelser ble gjennomført både med og uten ball. Øvelsen for fokus på forfotslanding er vist på *Bilde 4*.



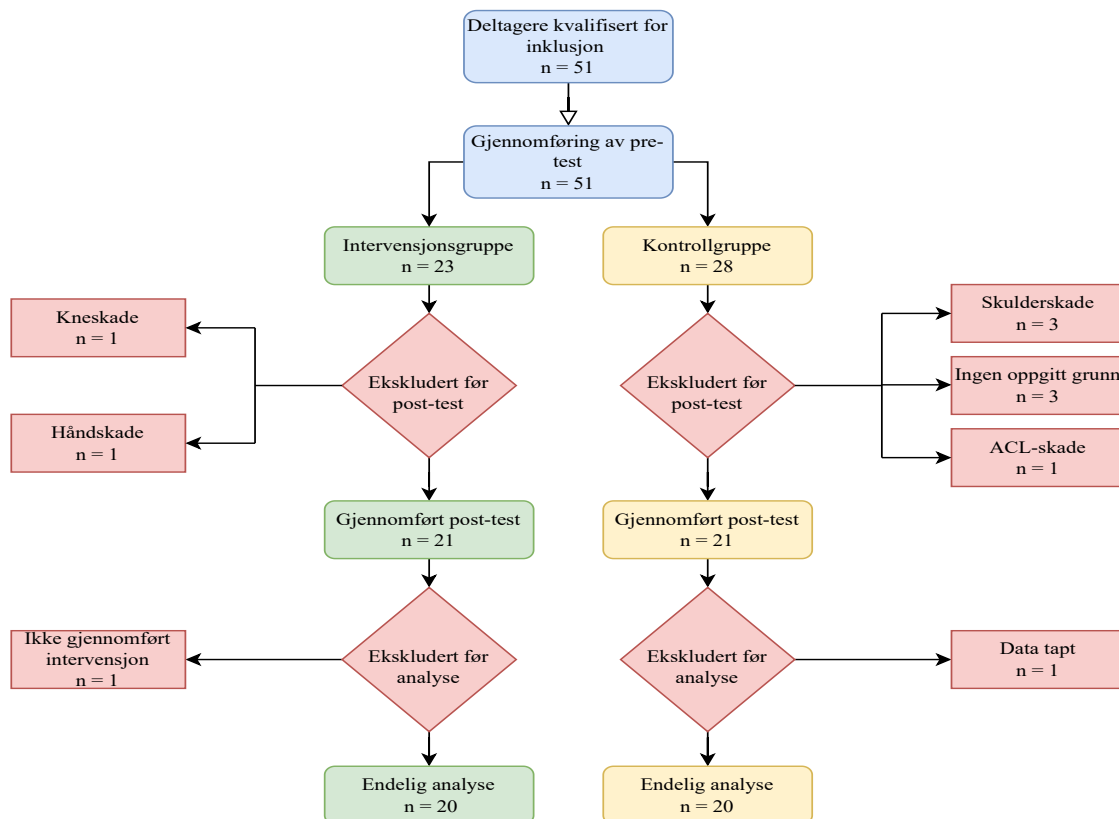
Bilde 4: Viser oppvarmingsøvelse med fokus på forfotslanding i finte.

I tillegg til øvelsene for reduksjon av KAM, ble det inkludert spesifikke øvelser for 180-graders retningsforandring (505-test), som var en del av «ytelses»-delen av prosjektet. Denne delen av prosjektet tilhører en annen masteroppgave ved NIH. Selv om øvelsene hadde som hensikt å bedre utøverens retningsforandring i 505-test, var det fokuspunkter ved øvelsene som også kunne ha en påvirkning på KAM i håndballfinten, blant annet å redusere lateralfleksjon av overkroppen, noe som kan redusere KAM i en håndballfinte med retningsforandring (Kristianslund, 2014). Teknikkøvelsene ble implementert i fellesoppvarming før trening, og ville derfor ikke ta vesentlig tid fra resten av håndballøkten. Øvelsesutvalget for teknikøvelsene og oppvarmingsprotokollen er presentert i *Vedlegg 3*.

4. Resultat

4.1 Deltagere

Totalt 51 utøvere var kvalifisert for deltagelse og gjennomførte pretesting. Totalt ni deltagere gjennomførte ikke posttesting av forskjellige årsaker. Årsakene til frafall var; skulderskade (3), ingen oppgitt grunn (3), kneskade (1), sykdom (1), og ACL-skade (1). Spilleren som skadet ACL tilhørte kontrollgruppen og skadet ACL i kamp to uker etter pretest. I tillegg ble to deltagere som fullførte posttesting ekskludert fra den endelige analysen. Årsakene til eksklusjon av disse deltagerne var forfall fra store deler av intervensjonen grunnet senfølger av covid og tap av data. Totalt 40 utøvere ble inkludert i den endelige analysen, hvorav 20 utøvere tilhørte intervensjonsgruppen og 20 kontrollgruppen. Det vil si at 78,4% av utøverne som var tilgjengelige for pretest, var tilgjengelig for post-test og den endelige analysen. Inklusjon/eksklusjon av utøvere er vist i *Figur 3*.



Figur 3: Flytdiagram som viser inklusjon/eksklusjon av deltagere.

Utøverne i studien var 15-18 år med en gjennomsnittsalder på $16,6 \pm 0,9$ år. Utøverne hadde en gjennomsnittlig vekt og høyde på henholdsvis $69,1 \pm 9,4$ kg og $172,5 \pm 6,1$ cm. Utøverne trente i gjennomsnitt styrketrening $424,4 \pm 124,5$ minutter per uke, mens de hadde i gjennomsnitt $42,4 \pm 25$ kampminutter per uke. I utvalget var det seks (15%) kantspillere, 24 (60%) bakspillere og 10 (25%) linjespillere. Totalt sju av utøverne spilte på nivå 2 (23%), 16 (40%) på nivå 3 og 17 (42,5%) under nivå 3.

Kontrollgruppe og intervensjonsgruppe var statistisk like for alle undersøkte verdier, med unntak av utøvers høyde. Intervensjonsgruppen var i gjennomsnitt 4,4 cm høyere enn kontrollgruppen ($p = 0,022$), og det ble derfor gjennomført post hoc-analyser som tok høyde for denne forskjellen. Mellom-gruppe karakteristikk er vist i *Tabell 2*.

Tabell 2: Utøverkarakteristikk for intervensjonsgruppe og kontrollgruppe ved pretest. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt \pm standardavvik for kontinuerlig variabler, samt antall og prosentfordeling innad i gruppe for kategoriske variabler.

	Intervensjon (n = 20)	Kontroll (n = 20)	p-verdi
Alder (år)	16,7 \pm 1,1	16,6 \pm 0,7	0,731
Vekt (kg)	69,6 \pm 9,4	68,7 \pm 10,6	0,779
Høyde (cm)	174,7 \pm 5,8	170,3 \pm 5,9	0,022*
Styrketreningsbakgrunn (min/uke)	478,5 \pm 87,9	378 \pm 153,9	0,478
Kampebelastning (min/uke)	44,5 \pm 20,4	40,3 \pm 29,2	0,597
Nivå			0,465
	Nivå 2	2 (10%)	5 (25%)
	Nivå 3	10 (50%)	6 (30%)
	< Nivå 3	8 (40%)	9 (45%)
Posisjon			0,303
	Kantspiller	3 (15%)	3 (15%)
	Bakspiller	13 (65%)	11 (55%)
	Strekspiller	4 (20%)	6 (30%)

*Statistisk signifikant for alfanivå \leq 0,05

< Nivå 3 = nivå 4, nivå 5, junior, J2006.

4.2 Utfallsmål

4.21 KAM

Det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen ved pretest ($p = 0,985$), med et gjennomsnittlig KAM på 1,19 Nm/kg for intervensjonsgruppen og 1,16 Nm/kg for kontrollgruppen. Uten å normalisere for utøvernes vekt var det gjennomsnittlige KAM 81,44 Nm for hele utvalget. Både intervensjonsgruppen og kontrollgruppen hadde en reduksjon i KAM fra pretest til posttest, men det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene ($p = 0,340$). Faktisk hadde kontrollgruppen en større reduksjon i KAM fra pretest til posttest, med en gjennomsnittlig reduksjon på 0,26 Nm/kg (22,4%), kontra 0,16 Nm/kg (13,5%). Det totale ikke-normaliserte KAM ved posttest var 66,39 Nm, noe som tilsvarer en reduksjon på 18,5%. Det var heller ingen forskjell i gruppenes reduksjon ved normalisering for både høyde og vekt ($p = 0,332$). Reduksjon i KAM er presentert i *Tabell 3*.

Tabell 3: Tabellen viser endring/reduksjon i KAM fra pretest til posttest. Verdiene er normalisert for vekt og er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik.

	Intervensjon (n = 20)	Kontroll (n = 20)	Differanse	p-verdi
KAM (Nm/kg) Pretest	1,19 \pm 0,3	1,16 \pm 0,53	0,03	0,985
KAM (Nm/kg) Posttest	1,03 \pm 0,37	0,9 \pm 0,37		
KAM (Nm/kg) Reduksjon	0,16 \pm 0,34	0,26 \pm 0,35	-0,10	0,34

4.22 Undergruppeanalyse for utøvere med høyt KAM

Totalt elleve utøvere hadde et KAM høyere enn 1SD ($>1,46$ Nm/kg). Det gjennomsnittlige ikke-normaliserte KAM innad i risikogruppen var 120,18 Nm ved pretest. Dette er relativt likt det gjennomsnittlige KAM for de som prospektivt skadet ACL i studien til Krosshaug et al. (2021), som var 125,5 Nm. Av utøverne med KAM over grensen, tilhørte fire intervensjonsgruppen og syv kontrollgruppen. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene ved pretest ($p = 0,298$), selv om kontrollgruppen hadde et gjennomsnittlig KAM som var 0,19 Nm/kg høyere enn intervensjonsgruppen. Begge gruppene hadde en reduksjon i KAM fra pretest til posttest, men det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene ($p = 0,541$). Det ikke normaliserte KAM for risikogruppen ved posttest var 82,21 Nm, noe som tilsvarer en reduksjon på 31,6%. Ved posttest var det kun fire spillere med et KAM $>1,46$ Nm/kg, hvorav fordelingen var to per gruppe. Tre av disse spillerne tilhørte også risikogruppen ved pretest, mens én utøver fra intervensjonsgruppen hadde en økning i sitt KAM til $>1,46$ Nm/kg fra pretest til posttest. Reduksjon i KAM for risikogruppen er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Tabellen viser endring/reduksjon i KAM fra pretest til posttest for utøvere med KAM $>1,46$ Nm/kg ($n = 11$). Verdiene er normalisert for vekt og er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik.

	Intervensjon (n = 4)	Kontroll (n = 7)	Differanse	p-verdi
KAM (Nm/kg) Pretest	1,58 \pm 0,06	1,77 \pm 0,33	-0,19	0,298
KAM (Nm/kg) Posttest	1,13 \pm 0,36	1,21 \pm 0,31		
KAM (Nm/kg) Reduksjon	0,45 \pm 0,32	0,56 \pm 0,23	-0,10	0,541

4.23 Inngangshastighet

Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom gruppenes inngangshastighet ved pretest ($p = 0,511$). Intervensjonsgruppen hadde en inngangshastighet 3,11 m/s, mens kontrollgruppens inngangshastighet var 3,18 m/s. Begge gruppene hadde en individuell statistisk signifikant reduksjon fra pretest til posttest ($p < 0,001$), med en 0,22 m/s reduksjon hos intervensjonsgruppen og 0,15 m/s reduksjon hos kontrollgruppen. Dette tilsvarer en reduksjon på 5,9% for hele utvalget. Det var ingen signifikant forskjell i reduksjonen fra pretest til posttest mellom gruppene ($p = 0,301$). Tabell for inngangshastighet er presentert i *Vedlegg 2*.

5. Diskusjon

5.1 Tolking av resultat

5.12 Effekten av styrke- og teknikkintervensjonen

Det ble ikke funnet noe statistisk signifikant forskjell for reduksjon i KAM mellom gruppene. Med respekt for hovedutfallsmålet er det tydelig at styrke- og teknikkintervensjonen ikke var effektiv i å redusere KAM hos intervensjonsgruppen. Heller ikke hos utøverne som ble kategorisert med økt risiko, ble det funnet noen forskjell mellom de to gruppene. Det er flere potensielle grunner til at resultatet ble slik det ble. Mangler ved intervensjonen, inklusjon av live-feedback hos kontrollgruppen og reduksjonen i inngangshastighet er blant de potensielle grunnene som vil bli diskutert. Virkningsmekanismen av skadeforebyggende intervensjoner og potensialet for å endre en utøvers finteteknikk vil også bli diskutert.

5.12 Reduksjon i KAM

Selv om det ikke ble funnet noen statistisk signifikant forskjell for reduksjon i KAM mellom gruppen, hadde begge gruppene en kombinert reduksjon på 18,5%, noe som kan vurderes som en vesentlig reduksjon i en slik sammenheng. Utøverne som ble kategorisert i risikogruppen, hadde en reduksjon på 31,6%. Ved posttesting var det kun fire utøvere som ble kategorisert i risikogruppen, noen som i teorien betyr at sjansen for ACL-skader for hele gruppen ved posttest var relativt lave. Det er uklart hva denne reduksjonen i KAM kan krediteres til. Live-feedback sesjonen, reduksjon i inngangshastighet og læringseffekten av å utføre pretesting er blant de potensielle forklaringene.

5.13 Inngangshastighet

Hastighet anses som en betydningsfull kvalitet for prestasjon på håndballbanen (Bayraktar, 2017). Hastigheten utøveren har inn i en finte vil derfor kunne anses som en viktig del av fintens effektivitet, og det var derfor ønskelig å se om intervensjonen og testsituasjonen påvirket akkurat dette. Det var ingen forskjeller mellom gruppene, men begge gruppene hadde

en statistisk signifikant reduksjon i inngangshastighet fra pretest til posttest. Den kombinerte reduksjonen for begge gruppene var på 5,9%. Det er naturlig å stille spørsmålet om hvorvidt deler av reduksjonen av KAM kan krediteres til reduksjonen i inngangshastighet.

Inngangshastigheten under finten ble målt ved initiell kontakt, noe som var definert som det tidspunktet foten som gjennomfører retningsforandringen oversteg 30 N på kraftplattformen. Maks KAM ble målt innenfor de 60 påfølgende millisekundene, hvorav maks KAM typisk skjedde etter 30-45 ms. Det er være nærliggende å tro at en redusert hastighet under initiell kontakt vil kunne påvirke KAM. Tidligere forskning viser at økt hastighet under både gange og løping vil øke reaksjonskreftene fra underlaget (Keller et al., 1996; Yu et al., 2021).

Vanrenterghem et al. (2012) fant at kvinnelige utøvere med lave hastigheter i en finte hadde en lavere reaksjonskraft fra underlaget, samt en økt sjanse for å utføre oppgaven som ble presentert. Dette kan bety at reduserte hastigheter påvirker begge komponentene som er viktige for et lavt KAM; reaksjonskreftene fra underlaget og momentarmen til reaksjonskraftvektoren grunnet en mer ønskelig plassering av standbeinet.

Om utøverne hadde opprettholdt inngangshastigheten fra pretesting, er det mulig at resultatene hadde sett annerledes ut. Hvorvidt dette hadde påvirket gruppene forskjellig, er vanskelig å konkludere med. En hypotese er at en økt inngangshastighet ville stilt høyere krav til teknisk utførelse og påvirket blant annet knevalgus og forforlanding, noe som til gjengjeld kunne gagnet intervensjonsgruppen som har trent på akkurat disse teknikkfaktorene. Likevel er det vanskelig å argumentere for dette basert på resultater fra testing.

Kristianslund et al. (2014) gjennomførte regresjonsanalyser for å kartlegge hvilke teknikkfaktorer som hadde størst innvirkning på KAM under finten. Inngangshastighet hadde, ifølge denne analysen, stor innvirkning på reaksjonskraften fra underlaget, men mindre innvirkning på momentarmen til reaksjonskraftvektoren. Analysene til Kristianslund et al. (2014) viser at et standardavvik opp i inngangshastighet resulterer i en 14% økning i KAM. For vårt datasett tilsvarer et standardavvik reduksjon en redusert inngangshastighet på 10,5%. Det betyr at vi kan regne med at reduksjon i inngangshastighet på 10,5% vil resultere i en reduksjon i KAM på rundt 14%. For den gjennomsnittlige reduksjonen i inngangshastigheten,

som hos våre utøvere var 5,9%, vil dette kunne tilsvare en reduksjon i KAM på 6,5%. Selv om dette utgjør en betydelig del av den totale reduksjonen i KAM på 18,5%, er det fortsatt en stor andel av reduksjonen som sannsynligvis ikke kan krediteres til reduksjonen i inngangshastighet. I tillegg til dette viser post-hoc-analyser at utøvere som opprettholdt inngangshastigheten fortsatt hadde en gjennomsnittlig reduksjon i KAM på 15,7%.

Ved lignende fremtidige intervensjonsstudier som tar for seg fintesituasjoner, vil det være hensiktsmessig å kontrollere farten til utøverne ved posttesting. På denne måten kan man kontrollere for endringen i inngangshastighet og kun godkjenne testforsøk som er innenfor en ønsket fart relativt til pretesting. Samtidig er det heller ikke overraskende at utøvere som med hensikt prøver å endre teknikk, samtidig også kanskje reduserer sin hastighet noe.

5.2 Bakgrunn for endring i KAM

5.21 Kjennskap til oppgaven og utfallsmålet – Live-feedback

Under pretesting var hverken kontrollgruppen eller intervensjonsgruppen kjent med finteoppgaven eller hovedutfallsmålet, og utøverne var derfor til en viss grad blindet. Ved inklusjon av live-feedback under pretesting fikk utøverne en innføring i hovedutfallsmålet (KAM), samt teknikkfaktorene som var mest relevante for å redusere KAM hos den spesifikke utøveren. Disse var; forfotlanding, valgusvinkel og vertikal hastighet inn i finten. Sammenligningen av gruppene ved posttest er i realiteten en sammenligning mellom virkningen av live-feedback mot virkningen av live-feedback, teknikkintervensjonen og styrkeintervensjonen kombinert. En teori er at tilbakemeldingene begge gruppene fikk under live-feedback var nok for å bevisstgjøre utøverne om hvilke teknikkendringer som var viktige for å redusere KAM, og at det ikke ble noen ytterligere effekt av styrke- og teknikkintervensjonen. Siden endringen i KAM hos gruppene også kan ha vært kreditert til en læringseffekt av å utføre finteoppgavene for andre gang, ville det vært nødvendig med en ytterligere kontrollgruppe for å teste denne hypotesen. Fremtidig forskning som tar for seg lignende utfallsmål bør inkludere en kontrollgruppe som ikke mottar noen form for intervensjon, samtidig som utfallsmålet i større grad bør være ukjent for utøverne.

Preliminære analyser fra live-feedbackprosjektet viser at utøverne klarte å endre både ankelvinkel ved initiell kontakt og valgusvinkel i kneet. Plantarfleksjon i ankelen under initiell kontakt økte med gjennomsnittlig $10,7^\circ$ etter tilbakemelding, noe som førte til en reduksjon i KAM med 14%. Valgusvinkel i kneet ble redusert med gjennomsnittlig $1,4^\circ$, noe som førte til en reduksjon i KAM på 29% hos utøverne som mottok denne tilbakemeldingen. Basert på observasjoner under posttesting virket det som at enkelte utøvere i kontrollgruppen hadde memorert tilbakemeldinger de fikk under prestesting, og det er derfor nærliggende å tro at disse tilbakemeldingene hadde en påvirkning på resultatet. Det er likevel overraskende at utøverne i intervensjonsgruppen som trente på disse teknikkfaktorene over tid, ikke fikk en ytterligere effekt.

5.22 Endring av automatiserte bevegelser

Utviklingen av motorikk former basen for alle tekniske ferdigheter innen idrett, og mesteparten av den motoriske utviklingen skjer tidlig i livet (Sheikh et al., 2011). Noen argumenterer for at gullalderen for læring av motoriske ferdigheter er rundt 6-12 år (Hirtz & Starosta, 2002), men denne teorien er noe omdiskutert (Solum et al., 2020). Faktisk viser enkelte studier at mennesker blir stadig bedre på læringsoppgaver inntil slutten av 20-årene (Craik & Bialystok, 2006). Likevel er det et faktum at idrettsutøvere, blant annet håndballspillere, automatiserer tekniske ferdigheter allerede fra en tidlig alder. Håndballspillere gjennomfører i gjennomsnitt 13 angripende retningsforandringer per kamp (Póvoas et al., 2012), og muligens enda fler i treningssammenheng. Dette tilsvarer sannsynligvis over 10 000 retningsforandringer allerede før 12-årsalderen. Det er veletablert i forskningen at gjentagende trening på motoriske oppgaver kan føre til plastiske endringer i det motoriske barkområdet i hjernen, som videre fører til automatiserte bevegelser (Kami et al., 1995; Meng et al., 2019; Pascual-Leone et al., 1995). Resultatet fra live-feedback-sesjonen viser at det er mulig å påvirke den tekniske utførelsen av en finte når utøveren er bevisst på hvilke endringer som skal implementeres. En teori er at det vil være mer komplisert

å oppnå varige automatiserte tekniske endringer, kanskje spesielt om de skal uttrykkes i en kampsituasjon.

Tidligere studier har funnet en reduksjon i KAM under retningsforandringer med balansetrening (Cochrane et al., 2010) og teknikkendring (Dempsey et al., 2007). En kritikk mot disse studiene er nettopp det at intervensjonene var gjennomført i kontrollerte laboratoriumsettinger. Donnely et al. (2012) gjennomførte en RCT med 1001 mannlige amatørutøvere fra australsk fotball. Hensikten var å undersøke effektiviteten av en 28-ukers balanse- og teknikkintervensjon på KAM under forhåndsbestemte og uforventede retningsforandringer. Forskjellene fra de tidligere studiene var at intervensjonen var implementert i deres normale treningshverdag på banen. Det ble, i likhet med våre resultater, ikke funnet noen forskjell i knekinetikk mellom gruppene ved postesting. Likevel er det viktig å nevne at etterlevelsen var lav (45%) og trener/utøver-ratioen var høy (1:40) i denne studien.

Det er også studier som har funnet en reduserende effekt på KAM ved intervensjoner implementert i en vanlig treningshverdag. Lim et al. (2009) fant at en plyometrisk treningsintervensjon reduserte KAM, mens Chappel & Limpisvatsi (2008) fant at en nevro-muskulær treningsintervensjon reduserte KAM. Begge studiene hadde en høy etterlevelse (100%) og en lav trener/utøver-ratio (3:11, 2:33). I motsetning til vår studie og studien til Donnely et al. (2012), så disse studiene på KAM ved tobeins-landingsoppgaver. Vi vet fra tidligere at KAM under landingsoppgaver differensierer mye fra KAM under finteoppgaver hos håndballutøvere. Faktisk er KAM rundt seks ganger så høyt under finteoppgaver (Kristianslund & Krosshaug, 2013). En teori er at det er lettere å kontrollere og endre utførelsen i en landingsoppgave kontra en finteoppgave. Finteoppgaven kan regnes som mer kaotisk og kompleks grunnet flere ytre elementer å fokusere på. Prosesseringer av visuelt stimuli har vist seg å resultere i automatiserte motorresponsen passende til den oppgaven som er representert (McBride et al., 2012). Ballen og motstanderen vil i dette tilfellet være visuelle stimuli som kan trigge en automatisert utførelse av finten. Mai et al. (2022) fant at kvinnelige håndballspillere som uttrykker et høyt KAM i forhåndsbestemte finteoppgaver, også gjør

dette i uforventede finteoppgaver. Kanskje er dette et tegn på at bevegelsesmønsteret i stor grad er automatisert.

En teori er at intervensjonen ville vært mer effektiv om den ble implementert hos yngre utøvere hvor finteoppgaven var i mindre grad automatisert. Thompson-Kolesar et al. (2018) undersøkte effekten av *FIFA 11+* skadeforebyggende oppvarmingsprogram på knevalgusvinkel og KAM hos to forskjellige aldersgrupper av kvinnelige fotballspillere. Oppgavene som ble undersøkt var; planlagte retningsforandringer, uforventede retningsforandringer, tobenshopp og ettbenshopp. Faktisk viste den yngste gruppen (10-12 år) en større reduksjon i valgusvinkel og KAM sammenlignet med den eldre gruppen (14-18 år) for tobenshopp etter intervensjonsperioden. Fremtidig forskning bør undersøke effekten av intervensjonsprogrammer på KAM hos yngre håndballspillere under finteoppgaver.

5.3 Intervensjonen

5.31 Etterlevelse

Etterlevelse har vist seg å være en viktig faktor for effektiviteten til intervensjonsstudier med mål om å endre knebiomekanikk (Chappell & Limpisvasti, 2008; Donnelly et al., 2012; Lim et al., 2009). I denne studien ble etterlevelse definert som å fullføre minst to økter per uke. Ifølge selvrapportering av utøverne fullførte hele 20/23 utøvere minst to økter per uke. De resterende tre utøverne fullførte ikke grunnet sykdom eller skade. Utøvere som ikke fullførte intervensjonen, ble ekskludert fra den endelige analysen. Utøverne som ble inkludert i analysen, selvrapporterte i gjennomsnitt 2,3 økter per uke. Til tross for en høy etterlevelse, var det flere ganger utøverne ikke fullførte programmet i sin helhet. Dette gjaldt i hovedsak deler av teknikkintervensjonen. Manglene i gjennomføringen er presentert under «5.35 Teknikkintervensjonen». I tillegg var det kun 78,4% av alle utøverne som var tilgjengelige for pre-test som ble inkludert i den endelige analysen, noe som ifølge *Newcastle-Ottawa Scale* for ikke-randomiserte studier, kan defineres som et uadekvat frafall (Hartling et al., 2012).

5.32 Intervensjonens varighet

Også varigheten på intervensjoner har vist seg å kunne ha stor betydning på effektivitet. Vår teknikk- og styrkeintervensjon ble gjennomført over en åtteukers periode. Opprinnelig var det ønskelig med en intervensjon som varte i 12 uker, men dette var av praktiske årsaker ikke mulig. Flere av intervensjonene som har vært effektive i å redusere ACL-skader har hatt en betydelig lengre intervensjonsperiode enn åtte uker. I den systematiske oversiktsartikkelen til Donnel-Fink et al. (2015) var det totalt 14 studier som undersøkte ACL-skadeforebyggende tiltak i fotball, basket, innebandy og håndball. Blant disse 14 var det fire studier som hadde en signifikant reduksjon i ACL-skader som følge av skadeforebyggende intervensjoner. Felles for tre av disse intervensjonene var at de ble implementert som en del av et oppvarmingsprogram gjennom én eller to påfølgende sesonger (Caraffa et al., 1996; Mandelbaum et al., 2005; Waldén et al., 2012). Den siste effektive intervensjonen ble implementert i en kortere periode, men til gjengjeld med økt frekvens og varighet per økt (Hewett et al., 1999). Den systematiske oversiktsartikkelen til Petushek et al. (2019) undersøkte 18 individuelle studier og deres ACL-skadeforebyggende tiltak. Der ble det funnet en tendens til at studier som fortsatte gjennom sesongen hadde en forsterket forebyggende effekt på ACL-skader. Det er en teoretisk mulighet at en forlenget intervensjonsperiode ville ført til større endringer hos intervensjonsgruppen enn det som ble funnet i denne studien. Samtidig er det viktig å huske på at disse studiene tar for seg en skadeforebyggende effekt, og ikke kun en endring i knekinetikk, og kan derfor ikke nødvendigvis sammenlignes.

5.33 Mekanismen bak ACL-skadeforebyggende intervensjoner -

Det er udiskutabelt at ACL-skader skjer som en konsekvens av en akutt belastning av ACL, som selvsagt er et resultat av biomekanikk rundt og i kneleddet. Hvorvidt den akutte skaden er et resultat av kumulativ belastning over tid, eller kun en enkel situasjon, er diskutabelt (Wojtys et al., 2016). Selv om det er åpenbart at skadeforebyggende intervensjoner har en innvirkning på den akutte eller kumulative belastningen av ACL, er det diskutabelt i hvilken

grad intervensjoner kan være effektive i å redusere ACL-skader uten å redusere KAM i en laboratoriumsetting,

Redusert eller uønsket muskelaktivering under finter trekkes ofte frem som en risikofaktor for ACL-skader, og endringer i muskelaktivering trekkes frem som en potensiell effekt av skadeforebyggende programmer. Et eksempel på dette er preaktivering av hamstrings før initiell kontakt. (Alentorn-Geli et al., 2015; Jeong et al., 2020; Myer et al., 2009; Zebis et al., 2016). Teorien er at preaktivering av hamstrings vil føre til redusert belastning på ACL gjennom redusert anterior skjærekraft på tibia (Alentorn-Geli et al., 2015; Blackburn et al., 2013; McNair et al., 1992; Myer et al., 2009). Det er ikke sikkert at disse endringene vises som en reduksjon av KAM i en laboratoriumsetting. Intervensjonsstudier hvor utøvere har endret muskelaktivering under finter uten å redusere KAM, støtter denne teorien (Jeong et al., 2020; Zebis et al., 2016).

Skadeforebyggende intervensjoner kan også ha andre potensielle virkningsmekanismer som ikke nødvendigvis resulterer i endret knekinetikk under en finte i laboratoriumsetting. Raskere prosessering av visuelt stimuli, eller generelt økt fysisk kapasitet, vil kunne hindre at utøvere ender opp i situasjoner med høy belastning på ACL (Benjaminse et al., 2019; Houck et al., 2007). Intervensjoner kan i tillegg resultere i bedret knekontroll under landinger (Petushek et al., 2019), en effekt som vil kunne være til stede uten endring av KAM i finter. Det er også mulig at intervensjoner implementert i et oppvarmingsprogram har en forberedende effekt på utøvere, noe som kan resultere i redusert sjanse for å havne i risikofylte situasjoner i kamp og trening. Basert på disse teoriene er det sannsynlig at intervensjoner kan fungere uavhengig av biomekaniske endringer under testing.

5.34 Potensielle svakheter ved styrkeintervensjonen

Styrkeintervensjonen bestod primært av øvelser for å styrke hofteabduktorer og utoverrotatorer, samt plantarfleksjon av ankelen. Det ble i tillegg gjennomført styrketesting under pretest og posttest, som samsvarte med de aktuelle muskelgruppene. Disse styrketestene ble gjennomført i forbindelse med en alternativ masteroppgave ved NIH. Det ble ikke funnet en signifikant økning hos intervensjonsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen for hofteabduksjon og utoverrotasjon. Begge gruppene hadde en individuell økning i hoftestyrke, hvor økningen hos intervensjonsgruppen var signifikant for hofteabduksjon, men ikke utoverrotasjon. Intervensjonsgruppen hadde 5,7% økning i hofteabduksjon og 3,8% økning i utoverrotasjon, mens kontrollgruppen hadde en økning på henholdsvis 3,2% og 2,1%. For plantarfleksjonsstyrke hadde intervensjonsgruppen en signifikant økning sammenlignet med kontrollgruppen ($p = 0,034$), hvor intervensjonsgruppen økte 4,9%, mens kontrollgruppen hadde en reduksjon på 3,5%. Styrkeøvelsene med fokus på hofteabduksjon og utoverrotasjon var de som muligens hadde størst grunnlag for å redusere KAM basert på tidligere evidens (Baldon Rde et al., 2014; Dix et al., 2019; Powers, 2010; Saad et al., 2018). En manglende signifikant reduksjon hos intervensjonsgruppen under styrketestene kan muligens forklare deler av den manglende effekten av intervensjonen.

Tilbakemeldinger under testing og fra spørreskjemadata uttrykte noen svakheter i både styrke- og teknikkintervensjonen. Resultatene fra spørreskjema-dataen konkluderer med at flere utøvere fant intervensjonen tidkrevende og mindre motiverende å gjennomføre. Hele 17/23 utøvere svarte «veldig uenig» eller «uenig» på spørsmålet om hvorvidt programmet var morsomt å gjennomføre, mens 15/23 svarte «enig» eller «veldig enig» på hvorvidt programmet var for tidkrevende. Dette kan ha hatt en påvirkning på innsatsen hos enkelte utøvere. En mulig forbedrende endring ville vært å teste ut intervensjonen hos en håndballgruppe tidligere i forløpet. På denne måten kunne vi ha mottatt tilbakemeldinger og justert intervensjonen før den ble fastsatt. Dette ville kunne hatt en positiv påvirkning på utøvernes motivasjon. Myklebust et al. (2003) endret deres nevro-muskulære intervensjonsprogram midtveis under en toårs intervensjonsperiode basert på tilbakemeldinger fra trenere og utøvere, og som følge av dette så de en reduksjon i ACL-skader. Det er også

usikkerhet knyttet til hvorvidt utøverne klarte å opprettholde intensiteten som var foreskrevet med styrkeøvelsene. Intensiteten var justert ved en reduserende grad av repetisjoner i reserve (RIR). Samtidig ble antall repetisjoner per sett redusert for et repetisjonsantall som var mer forbeholdt økning i maksimal styrke. Kombinasjonen av RIR, manuell motstand og et lavt antall repetisjoner krever en høy samarbeidsevne og stiller store krav til motivasjon og konsentrasjon hos utøverne. I tillegg er det mulig at reduksjonen i antall repetisjoner gjorde det vanskelig for partnere å gi en motstand som var tung nok til å resultere i 0RIR ved kun fire repetisjoner. Det er mulig at en annen form for progresjon ville vært mer passende hos denne populasjonen med dette øvelsesutvalget.

Kun styrkeøkning i plantarfleksjonsstyrke var signifikant sammenlignet med kontrollgruppen. Evidensen på hvorvidt styrke i leggmuskulaturen har en påvirkning på KAM individuelt er noe mangelfull. Sahabuddin et al. (2021) fant at intervensjonsstudier med fokus på leggmuskulatur potensielt kan ha en påvirkning på dynamisk knevalgus, men at effekten er mye tydeligere i kombinasjon med hofteøvelser. Det er også funnet en potensiell korrelasjon mellom soleus aktivering og redusert fremoverbevegelse av tibia under ettbenslandinger (Mokhtarzadeh et al., 2013). Likevel er det ikke sikkert at tåhevøvelser endrer soleusaktivering, hverken under ettbenslandinger eller finter. Tåhevøvelsene ble inkludert basert på teorien om at økt ankelplantarfleksjon reduserer KAM (Kristianslund & Krosshaug, 2013), men hvorvidt redusert plantarfleksjon er et resultat av dårlig styrke eller andre faktorer er uvisst. Siden KAM er et resultat av reaksjonskreftene fra underlaget og vektarmen fra reaksjonskraftvektoren er det ingen direkte sammenheng mellom styrke og KAM. Det betyr at økt styrke kun kan endre KAM når styrkeøkningen er ansvarlig for en endring i teknikk. Et eksempel på dette er studien til Jeong et al. (2020). De fant en signifikant økning i quadriceps- og hamstringstyrke etter en tiukers intervensjonsperiode, men det ble ikke funnet noen kinetiske eller kinematiske endringer under en finte med retningsforandring. Sannsynligvis må flere deler av den totale intervensjonen være effektive for å finne en signifikant reduksjon av KAM.

5.35 Potensielle svakheter ved teknikkintervensjonen

Teknikkintervensjonen bestod som nevnt av øvelser implementert i et oppvarmingsprogram med fokus på forfotslanding, kneposisjon og retningsforandringer. Øvelsene hadde en gradvis progresjon, hvor siste øvelsen var tilnærmet lik finteoppgaven som ble gjennomført under testing. Dessverre ble ikke intervensjonen gjennomført som ønsket ved alle anledninger. Av praktiske årsaker ble det ikke gjennomført fulle håndballtreninger ved alle gjennomføringene av intervensjonen. Det resulterte i at teknikkøvelsene ble gjennomført utenom vanlig håndballtrening, og dermed utenom en generell oppvarming. Dette kan ha fått gjennomføringen til å føles mer tidkrevende. I tillegg hadde ikke gruppen håndballer tilgjengelig under disse gjennomføringene, noe som førte til at den mest spesifikke øvelsen med ball og forsvarer ikke alltid ble gjennomført som planlagt. Med tanke på at intervensjonen allerede ble kortere enn håpet, var en ytterligere mangel som dette uønsket, og kunne hatt mulig påvirkning på det endelige resultatet.

Tilbakemeldinger fra trenere og spillere angående intervensjonens tidsbruk gjaldt også teknikkintervensjonen. For å opprettholde motivasjonen og etterlevelsen til øvelsesutvalget kunne programmet blitt gjort mer effektivt ved å prioritere enkelte øvelser i enkelte perioder. En potensiell endring ville vært å ta vekk retningsforandringsøvelsene, grunnet deres mindre relevans for hovedutfallsmålet. Gjennomgangen kunne også blitt effektivisert ytterligere ved å ta vekk de begynnende tålanding- og knekontrolløvelsene mot slutten av perioden, og heller fokusere mer på de mest fintespesifikke øvelsene. Etterlevelse er en av de viktigste faktorene for effektiviteten av ACL-skadeforebyggende programmer, samtidig som etterlevelsen ved skadeforebyggende programmer generelt er svak (Donnelly et al., 2012; Myklebust et al., 2003; van Reijen et al., 2016). Fremtidige studier bør derfor teste ut intervensjonen i forkant og gjøre endringer i samsvar med tilbakemeldinger fra trener og utøvere.

5.4 Generaliserbarhet

Finteoppgaver i håndball er særegne, og det er derfor noe diskutabelt i hvilken grad resultatene er generaliserbare til andre idretter. Skader hos basketballspillere skjer i større grad ved landinger (Krosshaug et al., 2007), mens fotballspillere ofte skader seg når de forsvarer, blir taklet eller skyter (Della Villa et al., 2020). Både intervensjonen og testsituasjonen er spesifikk for håndballfinter, og generaliserbarhet til andre idretter må derfor gjøres med forsiktighet. Tidligere studier peker på KAM som risikofaktor innen flere idretter (Myer et al., 2015; Sigurdsson et al., 2021), og selv om biomekanikken i kneet under en ACL-skade er lik for blant annet basketball og håndball, er den typiske skadesituasjonen mer varierende (Koga et al., 2010). Selve styrkeintervensjonen, kanskje spesielt hofteøvelsene, er ikke nødvendigvis spesifikk for håndball, men hvorvidt en økning i hoftestyrke vil redusere KAM i en forsvarssituasjon i fotball, er vanskelig å konkludere med. Alternative bevegelsesoppgaver og risikofaktorer kan undersøkes med markørbasert 3D-analyse for å kartlegge muligheten for reduksjon av KAM i andre idretter. Likevel er det funn i studien som kan være relevante også for andre idretter, blant annet vanskeligheten med å påvirke automatiserte oppgaver over en kort intervensjonsperiode. Styrke- og teknikkintervensjonen var ikke effektiv å redusere KAM for kvinnelige håndballspillere, men hvorvidt utøvere fra andre idretter ville fått tilsvarende resultater er vanskelig å si.

Selv om ACL-skader skjer i større grad hos kvinnelige håndballspillere i forhold til deres mannlige motpart, er insidensen og konsekvensen av en ACL-skade hos mannlige håndballspillere ikke til å overse (Frobell et al., 2013; Grindem et al., 2016; Myklebust et al., 1998; Øiestad et al., 2009). Det er ikke funnet noen studier som utforsker intervensjoner for reduksjon av ACL-skader hos mannlige håndballspillere. Samtidig er evidensen på knekinematikken under ACL-skader hos håndballspillere kun basert på kvinnelige utøvere (Koga et al., 2010). Studier fra andre idretter viser at kvinner oftere uttrykker økt bevegelse i sagittalplanet under finteoppgaver, noe som kan være deler av grunnen til at kvinner skader seg oftere enn sine mannlige motparter (McLean et al., 2004; Pollard et al., 2007; Sigward &

Powers, 2006). Basert på dette er det vanskelig å konkludere med effekten, implementeringsmuligheten og den eventuelle viktigheten av å redusere KAM med styrke- og teknikkintervensjoner hos mannlige håndballspillere.

Det er likevel mange funn i studien som kan være relevante også for andre idretter og kjønn: Viktigheten av en nøye planlagt intervensjon som justeres etter tilbakemeldinger, den potensielle effekten av live-feedback, og som nevnt; vanskeligheten ved å påvirke automatiserte bevegelser.

5.5 Overordnet evidens

På dette tidspunkt er evidensen for reduksjon av KAM i fintesituasjoner i håndball noe manglende. Det er tydelig at reduksjon av KAM er mulig umiddelbart, men varige endringer over tid virker vanskeligere å oppnå, både basert på dette studie og tidligere studier.

Zebis et al. (2016) er det eneste oppdagede intervensjonsstudien som har utforsket reduksjon av KAM i finteoppgaver i håndball, men en statistisk signifikant effekt uteble. Interessant nok fant de en redusert relativ quadriceps:hamstrings (Q:H) preaktivering under finten, noe som potensielt kan gi en beskyttende effekt for ACL. Dette styrker teorien om at skadeforebyggende intervensjoner kan fungere uavhengig av endring av biomekanikk i en laboratoriumsetting. Jeong et al. (2021) fant lovende resultater for kjerneøvelser, men studien så kun på kinematiske variabler hos en mannlig rekreasjonell populasjon. Cochrane et al. (2010) fant en lovende effekt for balansetrening på reduksjon av KAM hos mannlige utøvere fra australsk fotball, men gruppen i samme studien som gjorde en kombinert balanse- og styrkeintervensjon hadde ingen effekt. Forfatteren spekulerte derfor i hvorvidt styrketrening kan ha en negativ effekt på biomekanikk og ACL-skaderisiko. Jeong et al. (2020) undersøkte om styrketrening på bein og kjernemuskulatur var effektiv i å redusere KAM under en finte med retningsforandring hos en kvinnelig rekreasjonell befolkning, men selv om quadriceps- og hamstringsstyrken økte signifikant i intervensjonsgruppen, var det ingen forskjell for noen kinetiske eller kinematiske variabler. Interessant nok viste studien at biceps femoris-

aktivering og H:Q-ratioen økte signifikant for intervensjonsgruppen 50ms før initiell kontakt, som igjen kan tyde på at treningsintervensjoner kan ha en positiv effekt på ACL-skaderisiko, uavhengig av knekinetikk målt i et laboratorium. Dempsey et al. (2007) fant at utøvere som bevisst reduserte lateralfleksjon av overkroppen og avstanden mellom fintefoten og kroppen, reduserte KAM. Men i likhet med vår live-feedback-studie, var dette kun en umiddelbar effekt, som igjen kan styrke teorien om at umiddelbare endringer er lettere oppnåelige.

6. Konklusjon

Den åtteukers kombinerte styrke- og teknikkintervensjonen var ikke effektiv i å redusere KAM hos unge kvinnelige håndballspillere. Heller ikke hos subgruppen av utøvere med høyt KAM ble det funnet en statistisk signifikant forskjell mellom intervensjonsgruppen og kontrollgruppen etter intervensjonsperioden. Det er flere potensielle årsaker til intervensjonens manglende effektivitet, blant annet intervensjonens varighet og innhold, alder på utøvere og kontrollgruppens kjennskap til utfallsmålet. Fremtidige studier som undersøker effektiviteten av lignende intervensjoner på reduksjon av KAM, bør gjøres over lengre perioder med yngre utøvere. Samtidig kan det være hensiktsmessig med en kontrollgruppe som er ukjent med hovedutfallsmålet.

7. Referanser

- Alentorn-Geli, E., Alvarez-Diaz, P., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Boffa, J. J., Cuscó, X., Ballester, J., & Cugat, R. (2015, Sep). Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 23(9), 2508-2513. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3018-1>
- Baldon Rde, M., Serrão, F. V., Scattone Silva, R., & Piva, S. R. (2014, Apr). Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*, 44(4), 240-251, a241-a248. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4940>
- Bayraktar, I. (2017). The influences of speed, cod speed and balance on reactive agility performance in team handball. *International journal of environmental & science education*, 3(1), 451-461.
- 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. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(90\)90054-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(90)90054-7)
- Benjaminse, A., Webster, K. E., Kimp, A., Meijer, M., & Gokeler, A. (2019, Apr). Revised Approach to the Role of Fatigue in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Sports Med*, 49(4), 565-586. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01052-6>
- Benoit, D. L., Ramsey, D. K., Lamontagne, M., Xu, L., Wretenberg, P., & Renström, P. (2006, 2006/10/01/). Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo. *Gait & Posture*, 24(2), 152-164. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.04.012>
- Blackburn, J. T., Norcross, M. F., Cannon, L. N., & Zinder, S. M. (2013, Nov-Dec). Hamstrings stiffness and landing biomechanics linked to anterior cruciate ligament loading. *J Athl Train*, 48(6), 764-772. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.01>

- Boden, B. P., Torg, J. S., Knowles, S. B., & Hewett, T. E. (2009, 2009/02/01). Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injury: Abnormalities in Hip and Ankle Kinematics. *The American journal of sports medicine*, 37(2), 252-259. <https://doi.org/10.1177/0363546508328107>
- Cappozzo, A., Cappello, A., Della Croce, U., & Pensalfini, F. (1997, Dec). Surface-marker cluster design criteria for 3-D bone movement reconstruction. *IEEE Trans Biomed Eng*, 44(12), 1165-1174. <https://doi.org/10.1109/10.649988>
- Cappozzo, A., Della Croce, U., Leardini, A., & Chiari, L. (2005, 2005/02/01/). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 1: theoretical background. *Gait & Posture*, 21(2), 186-196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.01.010>
- Caraffa, A., Cerulli, G., Progetti, M., Aisa, G., & Rizzo, A. (1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 4(1), 19-21. <https://doi.org/10.1007/bf01565992>
- Chappell, J. D., & Limpisvasti, O. (2008). Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *The American journal of sports medicine*, 36(6), 1081-1086.
- Claiborne, T. L., Armstrong, C. W., Gandhi, V., & Pincivero, D. M. (2006, Feb). Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech*, 22(1), 41-50. <https://doi.org/10.1123/jab.22.1.41>
- Cochrane, J. L., Lloyd, D. G., Besier, T. F., Elliott, B. C., Doyle, T. L. A., & Ackland, T. R. (2010). Training Affects Knee Kinematics and Kinetics in Cutting Maneuvers in Sport. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8). https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2010/08000/Training_Affects_Knee_Kinematics_and_Kinetics_in.14.aspx
- Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006, Mar). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends Cogn Sci*, 10(3), 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.007>
- de Leva, P. (1996, Sep). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech*, 29(9), 1223-1230. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(95\)00178-6](https://doi.org/10.1016/0021-9290(95)00178-6)

- Della Croce, U., Leardini, A., Chiari, L., & Cappozzo, A. (2005, 2005/02/01/). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 4: assessment of anatomical landmark misplacement and its effects on joint kinematics. *Gait & Posture*, 21(2), 226-237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.05.003>
- Della Villa, F., Buckthorpe, M., Grassi, A., Nabiuzzi, A., Tosarelli, F., Zaffagnini, S., & Della Villa, S. (2020, Dec). Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *Br J Sports Med*, 54(23), 1423-1432. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101247>
- Dempsey, A. R., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., Steele, J. R., Munro, B. J., & Russo, K. A. (2007, Oct). The effect of technique change on knee loads during sidestep cutting. *Med Sci Sports Exerc*, 39(10), 1765-1773. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31812f56d1>
- Dix, J., Marsh, S., Dingenen, B., & Malliaras, P. (2019, 2019/05/01/). The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 37, 197-209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.015>
- Dodwell, E. R., Lamont, L. E., Green, D. W., Pan, T. J., Marx, R. G., & Lyman, S. (2014, Mar). 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State. *Am J Sports Med*, 42(3), 675-680. <https://doi.org/10.1177/0363546513518412>
- Donelon, T. A., Dos'Santos, T., Pitchers, G., Brown, M., & Jones, P. A. (2020, Nov 2). Biomechanical Determinants of Knee Joint Loads Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading During Cutting: A Systematic Review and Technical Framework. *Sports Med Open*, 6(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00276-5>
- Donnell-Fink, L. A., Klara, K., Collins, J. E., Yang, H. Y., Goczalk, M. G., Katz, J. N., & Losina, E. (2015). Effectiveness of Knee Injury and Anterior Cruciate Ligament Tear Prevention Programs: A Meta-Analysis. *PLoS One*, 10(12), e0144063. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144063>
- Donnelly, C. J., Elliott, B. C., Doyle, T. L., Finch, C. F., Dempsey, A. R., & Lloyd, D. G. (2012, Oct). Changes in knee joint biomechanics following balance and technique training and a season of Australian football. *Br J Sports Med*, 46(13), 917-922. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090829>

- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2021, Aug 1). Biomechanical Effects of a 6-Week Change-of-Direction Technique Modification Intervention on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *J Strength Cond Res*, 35(8), 2133-2144. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004075>
- Frobell, R. B., Roos, H. P., Roos, E. M., Roemer, F. W., Ranstam, J., & Lohmander, L. S. (2013, Jan 24). Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *Bmj*, 346, f232. <https://doi.org/10.1136/bmj.f232>
- Førde, R. (2014). *Helsinkideklarasjonen*. De nasjonale forskningsetiske komiteene. Retrieved 08.11.2022 from <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/lover-retningslinjer/helsinkideklarasjonen/>
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016, Jul). 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096031>
- Hamilton, N., Weimar, W., & Luttgens, K. (2008). Chapter 23. Instrumentation for Motion Analysis. In *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*, 11e. The McGraw-Hill Companies. accessphysiotherapy.mhmedical.com/content.aspx?aid=6152572
- Harrington, M. E., Zavatsky, A. B., Lawson, S. E., Yuan, Z., & Theologis, T. N. (2007). Prediction of the hip joint centre in adults, children, and patients with cerebral palsy based on magnetic resonance imaging. *J Biomech*, 40(3), 595-602. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.02.003>
- Hartling, L., Hamm, M., & Milne, A. (2012). Validity and Inter-Rater Reliability Testing of Quality Assessment Instruments: Decision Rules for Application of the Newcastle-Ottawa Scale. *Agency for Healthcare Research and Quality*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92291/>
- Hashemi, J., Breighner, R., Chandrashekar, N., Hardy, D. M., Chaudhari, A. M., Shultz, S. J., Slauterbeck, J. R., & Beynon, B. D. (2011, Feb 24). Hip extension, knee flexion paradox: a new mechanism for non-contact ACL injury. *J Biomech*, 44(4), 577-585. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.11.013>

- Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2006, Mar). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med*, 34(3), 490-498. <https://doi.org/10.1177/0363546505282619>
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999, Nov-Dec). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*, 27(6), 699-706. <https://doi.org/10.1177/03635465990270060301>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005, Apr). 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. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009, Jun). 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. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.059162>
- Hirtz, P., & Starosta, W. (2002). Sensitive and critical periods of motor co-ordination development and its relation to motor learning. *Journal of human kinetics*, 7, 19-28.
- Hof, A. L. (1992, Oct). An explicit expression for the moment in multibody systems. *J Biomech*, 25(10), 1209-1211. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(92\)90076-d](https://doi.org/10.1016/0021-9290(92)90076-d)
- Houck, J. R., De Haven, K. E., & Maloney, M. (2007, Feb). Influence of anticipation on movement patterns in subjects with ACL deficiency classified as noncopers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(2), 56-64. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2292>
- Jeong, J., Choi, D. H., & Shin, C. S. (2021, Jan). Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*, 49(1), 183-192. <https://doi.org/10.1177/0363546520972990>
- Jeong, J., Choi, D. H., Song, Y., & Shin, C. S. (2020). Muscle Strength Training Alters Muscle Activation of the Lower Extremity during Side-Step Cutting in Females. *J Mot Behav*, 52(6), 703-712. <https://doi.org/10.1080/00222895.2019.1683505>

- Kami, A., Meyer, G., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1995, 1995/09/01). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377(6545), 155-158. <https://doi.org/10.1038/377155a0>
- Keller, T. S., Weisberger, A. M., Ray, J. L., Hasan, S. S., Shiavi, R. G., & Spengler, D. M. (1996, Jul). Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 11(5), 253-259. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(95\)00068-2](https://doi.org/10.1016/0268-0033(95)00068-2)
- Khayambashi, K., Ghoddosi, N., Straub, R. K., & Powers, C. M. (2016, Feb). Hip Muscle Strength Predicts Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Male and Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sports Med*, 44(2), 355-361. <https://doi.org/10.1177/0363546515616237>
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2010, Nov). 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. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- Kristianslund, E. (2014, May). Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. *Br J Sports Med*, 48(9), 779-783. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091370>
- Kristianslund, E., & Krosshaug, T. (2013, Mar). 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. <https://doi.org/10.1177/0363546512472043>
- Kristianslund, E., Krosshaug, T., Mok, K. M., McLean, S., & van den Bogert, A. J. (2014, Jan 3). Expressing the joint moments of drop jumps and sidestep cutting in different reference frames--does it matter? *J Biomech*, 47(1), 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.09.016>
- Kristianslund, E., Krosshaug, T., & van den Bogert, A. J. (2012, 2012/02/23/). Effect of low pass filtering on joint moments from inverse dynamics: Implications for injury prevention. *Journal of Biomechanics*, 45(4), 666-671. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.12.011>

- Krosshaug, T., Mok, K. M., Nilstad, A., Steffen, K., Myklebust, G., Holme, I., Bahr, R., Engebretsen, L., & Andersen, T. E. (2021, 11-13 Februar 2021). *Taking knee and hip biomechanics measurements from the lab to the field - Is it possible?* The 6th IOC World Conference on Prevention of Injury and Illness in Sport, Monaco.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., Hewett, T. E., & Bahr, R. (2007, Mar). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*, 35(3), 359-367. <https://doi.org/10.1177/0363546506293899>
- Larwa, J., Stoy, C., Chafetz, R. S., Boniello, M., & Franklin, C. (2021, Apr 6). Stiff Landings, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *Int J Environ Res Public Health*, 18(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph18073826>
- Leardini, A., Chiari, L., Croce, U. D., & Cappozzo, A. (2005, 2005/02/01/). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. *Gait & Posture*, 21(2), 212-225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.05.002>
- Li, G., Rudy, T. W., Sakane, M., Kanamori, A., Ma, C. B., & Woo, S. L. (1999, Apr). The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. *J Biomech*, 32(4), 395-400. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(98\)00181-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(98)00181-x)
- Lim, B.-O., Lee, Y. S., Kim, J. G., An, K. O., Yoo, J., & Kwon, Y. H. (2009). Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *The American journal of sports medicine*, 37(9), 1728-1734.
- Lima, Y. L., Ferreira, V. M. L. M., de Paula Lima, P. O., Bezerra, M. A., de Oliveira, R. R., & Almeida, G. P. L. (2018, 2018/01/01/). The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 29, 61-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.07.003>
- Mai, P., Bill, K., Glöckler, K., Claramunt-Molet, M., Bartsch, J., Eggerud, M., Tidemann Pedersen, A., Sæland, F., Bergh Moss, R., Mausehund, L., Willwacher, S., Kersting, U. G., Eriksrud, O., & Krosshaug, T. (2022). Unanticipated fake-and-cut maneuvers

do not increase knee abduction moments in sport-specific tasks: Implication for ACL injury prevention and risk screening. *Front Sports Act Living*, 4, 983888. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.983888>

Mai, P., & Willwacher, S. (2019, 2019/10/11/). Effects of low-pass filter combinations on lower extremity joint moments in distance running. *Journal of Biomechanics*, 95, 109311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.08.005>

Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D. T., & Garrett, W., Jr. (2005, Jul). 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. <https://doi.org/10.1177/0363546504272261>

Marshall, A. N., Hertel, J., Hart, J. M., Russell, S., & Saliba, S. A. (2020, Mar). Visual Biofeedback and Changes in Lower Extremity Kinematics in Individuals With Medial Knee Displacement. *J Athl Train*, 55(3), 255-264. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-383-18>

McBride, J., Boy, F., Husain, M., & Sumner, P. (2012). Automatic motor activation in the executive control of action. *Front Hum Neurosci*, 6, 82. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00082>

McLean, S. G., Lipfert, S. W., & van den Bogert, A. J. (2004, Jun). Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6), 1008-1016. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128180.51443.83>

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. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 355. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018598>

McNair, P. J., Wood, G. A., & Marshall, R. N. (1992, 1992/08/01/). Stiffness of the hamstring muscles and its relationship to function in anterior cruciate ligament deficient individuals. *Clinical Biomechanics*, 7(3), 131-137. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0268-0033\(92\)90027-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0268-0033(92)90027-2)

- Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A. B., Stoffels, T., Zantop, T., Petersen, W., & Achtnich, A. (2018, Jan). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(1), 51-61. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>
- Meng, F., Li, A., You, Y., & Xie, C. (2019). Motor expertise modulates unconscious rather than conscious executive control. *PeerJ*, 7, e6387. <https://doi.org/10.7717/peerj.6387>
- Mok, K.-M. (2015). *Reliability and methodological concerns of vertical drop jumping and sidestep cutting tasks - Implications for ACL injury risk screening* [Norwegian School of Sport Sciences]. <https://nih.brage.unit.no/nih-xmlui/bitstream/handle/11250/2379204/Mok2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mokhtarzadeh, H., Yeow, C. H., Hong Goh, J. C., Oetomo, D., Malekipour, F., & Lee, P. V.-S. (2013, 2013/07/26/). Contributions of the Soleus and Gastrocnemius muscles to the anterior cruciate ligament loading during single-leg landing. *Journal of Biomechanics*, 46(11), 1913-1920. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.04.010>
- More, K. G., & Franks, I. M. (1996, Dec). Analysis and modification of verbal coaching behaviour: the usefulness of a data-driven intervention strategy. *J Sports Sci*, 14(6), 523-543. <https://doi.org/10.1080/02640419608727739>
- Moses, B., Orchard, J., & Orchard, J. (2012, Jul). Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med*, 20(3-4), 157-179. <https://doi.org/10.1080/15438627.2012.680633>
- Muyor, J. M., Martín-Fuentes, I., Rodríguez-Ridao, D., & Antequera-Vique, J. A. (2020). Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the Monopodal Squat, Forward Lunge and Lateral Step-Up exercises. *PLoS One*, 15(4), e0230841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230841>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Barber Foss, K. D., Liu, C., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2009, Jan). The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clin J Sport Med*, 19(1), 3-8. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e318190bddd>

- Myer, G. D., Ford, K. R., Di Stasi, S. L., Foss, K. D., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2015, Jan). 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092536>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Foss, K. D., Rauh, M. J., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2014, May-Jun). A predictive model to estimate knee-abduction moment: implications for development of a clinically applicable patellofemoral pain screening tool in female athletes. *J Athl Train*, 49(3), 389-398. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.17>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjøberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003, Mar). 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. <https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997, Oct). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports*, 7(5), 289-292. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998, Jun). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports*, 8(3), 149-153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Nakagawa, T. H., Maciel, C. D., & Serrão, F. V. (2015, Feb). Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Man Ther*, 20(1), 189-193. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.08.013>
- Neamatallah, Z., Herrington, L., & Jones, R. (2020, May). An investigation into the role of gluteal muscle strength and EMG activity in controlling HIP and knee motion during landing tasks. *Phys Ther Sport*, 43, 230-235. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.12.008>
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004, Jun). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med*, 32(4), 1002-1012. <https://doi.org/10.1177/0363546503261724>

- Omi, Y., Sugimoto, D., Kuriyama, S., Kurihara, T., Miyamoto, K., Yun, S., Kawashima, T., & Hirose, N. (2018, 2018/03/01). Effect of Hip-Focused Injury Prevention Training for Anterior Cruciate Ligament Injury Reduction in Female Basketball Players: A 12-Year Prospective Intervention Study. *The American journal of sports medicine*, 46(4), 852-861. <https://doi.org/10.1177/0363546517749474>
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A., & Hallett, M. (1995, Sep). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol*, 74(3), 1037-1045. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.74.3.1037>
- Peters, A., Galna, B., Sangeux, M., Morris, M., & Baker, R. (2010, Jan). Quantification of soft tissue artifact in lower limb human motion analysis: a systematic review. *Gait Posture*, 31(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.004>
- Petersen, W., Rembitzki, I., & Liebau, C. (2017). Patellofemoral pain in athletes. *Open Access J Sports Med*, 8, 143-154. <https://doi.org/10.2147/oajsm.S133406>
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019, Jun). 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*, 47(7), 1744-1753. <https://doi.org/10.1177/0363546518782460>
- Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2007, Jan). Gender differences in hip joint kinematics and kinetics during side-step cutting maneuver. *Clin J Sport Med*, 17(1), 38-42. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3180305de8>
- Póvoas, S. C. A., Seabra, A. F. T., Ascensão, A. A. M. R., Magalhães, J., Soares, J. M. C., & Rebelo, A. N. C. (2012). Physical and Physiological Demands of Elite Team Handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3365-3375. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeae>
- Powers, C. M. (2010, Feb). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(2), 42-51. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>

- Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2009, May). The anterior cruciate ligament injury controversy: is "valgus collapse" a sex-specific mechanism? *Br J Sports Med*, 43(5), 328-335. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.059139>
- Reinschmidt, C., van den Bogert, A., Lundberg, A., Nigg, B., Murphy, N., Stacoff, A., & Stano, A. (1997, 10/01). Tibiofemoral and tibiocalcaneal motion during walking: External vs. Skeletal markers. *Gait & Posture - GAIT POSTURE*, 6, 98-109. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(97\)01110-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(97)01110-7)
- Sahabuddin, F. N. A., Jamaludin, N. I., Amir, N. H., & Shaharudin, S. (2021). The effects of hip- and ankle-focused exercise intervention on dynamic knee valgus: a systematic review. *PeerJ*, 9, e11731. <https://doi.org/10.7717/peerj.11731>
- Sasaki, S., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Maeda, S., Kimura, Y., Fujita, Y., & Ishibashi, Y. (2019, Sep). Core-Muscle Training and Neuromuscular Control of the Lower Limb and Trunk. *J Athl Train*, 54(9), 959-969. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-113-17>
- Seidel, G. K., Marchinda, D. M., Dijkers, M., & Soutas-Little, R. W. (1995, Aug). Hip joint center location from palpable bony landmarks--a cadaver study. *J Biomech*, 28(8), 995-998. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(94\)00149-x](https://doi.org/10.1016/0021-9290(94)00149-x)
- Sheikh, M., Safania, A. M., & Afshari, J. (2011, 2011/01/01/). Effect of selected motor skills on motor development of both genders aged 5 and 6 years old. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 1723-1725. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.358>
- Sigurðsson, H. B., Karlsson, J., Snyder-Mackler, L., & Briem, K. (2021, Oct). Kinematics observed during ACL injury are associated with large early peak knee abduction moments during a change of direction task in healthy adolescents. *J Orthop Res*, 39(10), 2281-2290. <https://doi.org/10.1002/jor.24942>
- Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2006, Jan). The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 21(1), 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.001>
- Solum, M., Lorås, H., & Pedersen, A. V. (2020). A Golden Age for Motor Skill Learning? Learning of an Unfamiliar Motor Task in 10-Year-Olds, Young Adults, and Adults,

When Starting From Similar Baselines. *Front Psychol*, 11, 538.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00538>

Stagni, R., Fantozzi, S., Cappello, A., & Leardini, A. (2005, 2005/03/01). Quantification of soft tissue artefact in motion analysis by combining 3D fluoroscopy and stereophotogrammetry: a study on two subjects. *Clinical Biomechanics*, 20(3), 320-329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.11.012>

Stickler, L., Finley, M., & Gulgin, H. (2015, Feb). Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Phys Ther Sport*, 16(1), 66-71.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.05.002>

Suzuki, H., Omori, G., Uematsu, D., Nishino, K., & Endo, N. (2015, Oct). THE INFLUENCE OF HIP STRENGTH ON KNEE KINEMATICS DURING A SINGLE-LEGGED MEDIAL DROP LANDING AMONG COMPETITIVE COLLEGIATE BASKETBALL PLAYERS. *Int J Sports Phys Ther*, 10(5), 592-601.

Saad, M. C., Vasconcelos, R. A., Mancinelli, L. V. O., Munno, M. S. B., Liporaci, R. F., & Grossi, D. B. (2018, Sep-Oct). Is hip strengthening the best treatment option for females with patellofemoral pain? A randomized controlled trial of three different types of exercises. *Braz J Phys Ther*, 22(5), 408-416.
<https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.03.009>

Thompson-Kolesar, J. A., Gatewood, C. T., Tran, A. A., Silder, A., Shultz, R., Delp, S. L., & Dragoo, J. L. (2018, Mar). Age Influences Biomechanical Changes After Participation in an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program. *Am J Sports Med*, 46(3), 598-606. <https://doi.org/10.1177/0363546517744313>

Toor, A. S., Limpisvasti, O., Ihn, H. E., McGarry, M. H., Banffy, M., & Lee, T. Q. (2019, Aug). The significant effect of the medial hamstrings on dynamic knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 27(8), 2608-2616. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5283-x>

van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. G. (1992, 1992/08/01). Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries. *Sports Medicine*, 14(2), 82-99.
<https://doi.org/10.2165/00007256-199214020-00002>

- van Reijen, M., Vriend, I., van Mechelen, W., Finch, C. F., & Verhagen, E. A. (2016, Aug). Compliance with Sport Injury Prevention Interventions in Randomised Controlled Trials: A Systematic Review. *Sports Med*, 46(8), 1125-1139. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0470-8>
- Vanrenterghem, J., Venables, E., Pataky, T., & Robinson, M. A. (2012, Sep 21). The effect of running speed on knee mechanical loading in females during side cutting. *J Biomech*, 45(14), 2444-2449. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.06.029>
- Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P., & Hägglund, M. (2012, May 3). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *Bmj*, 344, e3042. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3042>
- Wilczyński, B., Zorena, K., & Ślęzak, D. (2020, Nov 6). Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*, 17(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph17218208>
- Winter, D. A. (1984). Biomechanics of human movement with applications to the study of human locomotion. *Crit Rev Biomed Eng*, 9(4), 287-314.
- Wojtys, E. M., Beaulieu, M. L., & Ashton-Miller, J. A. (2016, Dec). New perspectives on ACL injury: On the role of repetitive sub-maximal knee loading in causing ACL fatigue failure. *J Orthop Res*, 34(12), 2059-2068. <https://doi.org/10.1002/jor.23441>
- Yang, C., Best, T. M., Liu, H., & Yu, B. (2022, Mar). Knee biomechanical factors associated with patellofemoral pain in recreational runners. *Knee*, 35, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2022.02.007>
- Yang, C., Yao, W., Garrett, W. E., Givens, D. L., Hacke, J., Liu, H., & Yu, B. (2018, Oct). Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. *Am J Sports Med*, 46(12), 3014-3022. <https://doi.org/10.1177/0363546518793393>
- Yu, L., Mei, Q., Xiang, L., Liu, W., Mohamad, N. I., István, B., Fernandez, J., & Gu, Y. (2021). Principal Component Analysis of the Running Ground Reaction Forces With Different Speeds. *Front Bioeng Biotechnol*, 9, 629809. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.629809>

- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016, May). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*, 50(9), 552-557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>
- Zebis, M. K., Aagaard, P., Andersen, L. L., Hölmich, P., Clausen, M. B., Brandt, M., Husted, R. S., Lauridsen, H. B., Curtis, D. J., & Bencke, J. (2022, Apr). First-time anterior cruciate ligament injury in adolescent female elite athletes: a prospective cohort study to identify modifiable risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 30(4), 1341-1351. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06595-8>
- Øiestad, B. E., Engebretsen, L., Storheim, K., & Risberg, M. A. (2009, Jul). Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Am J Sports Med*, 37(7), 1434-1443. <https://doi.org/10.1177/0363546509338827>

8. Vedlegg

Vedlegg 1 - Mine ansvarsområder i prosjektet

Vedlegg 2 – Tabell – Inngangshastighet

Vedlegg 3 – Styrke og teknikkintervensjon

Vedlegg 4 – Informert samtykke

Vedlegg 5 – Godkjenning NSD

Mine ansvarsområder i prosjektet

(Alle punkter er gjort i samarbeid med flere prosjektdeltagere)

- Litteratursøk
- Intervensjonens overordnede fokuspunkter
- Kommunikasjon med trener/eksperter om intervensjonens innhold
- Øvelsesutvalg for intervensjonen og intervensjonens oppsett
- Testing og valg av utfallsmål og måleinstrumenter for styrketesting
- Oppsett av utstyr for markørbasert bevegelsesanalyse
- Utarbeiding av samtykkeskjema
- Søknader og kommunikasjon med NSD og NIHs etiske komité
- Markørpåsetting
- Veiledning av utøvere før/etter testing
- Filming av finter
- Oppfølging av intervensjonen
- Diskusjon av resultater

Inngangshastighet

Tabell 5: Tabellen viser endring/reduksjon i inngangshastighet ved initiell kontakt fra pretest til posttest. Verdiene er oppgitt som m/s med gjennomsnitt \pm standardavvik.

	Intervensjon (n = 20)	Kontroll (n = 20)	Differanse	p-verdi
Inngangshastighet (m/s) Pretest	3,11 \pm 0,33	3,18 \pm 0,29	-0,07	0,511
Inngangshastighet (m/s) Posttest	2,89 \pm 0,36	3,03 \pm 0,26		
Inngangshastighet (m/s) Endring	-0,22 \pm 0,25	-0,15 \pm 0,15	-0,7	0,301
Endring innad i grupper (p -verdi)	< 0,001*	< 0,001*		

*Statistisk signifikant for alfanivå \leq 0,05

Øvelser for styrke- og oppvarmingsintervensjon

Håndballfinteprojekt

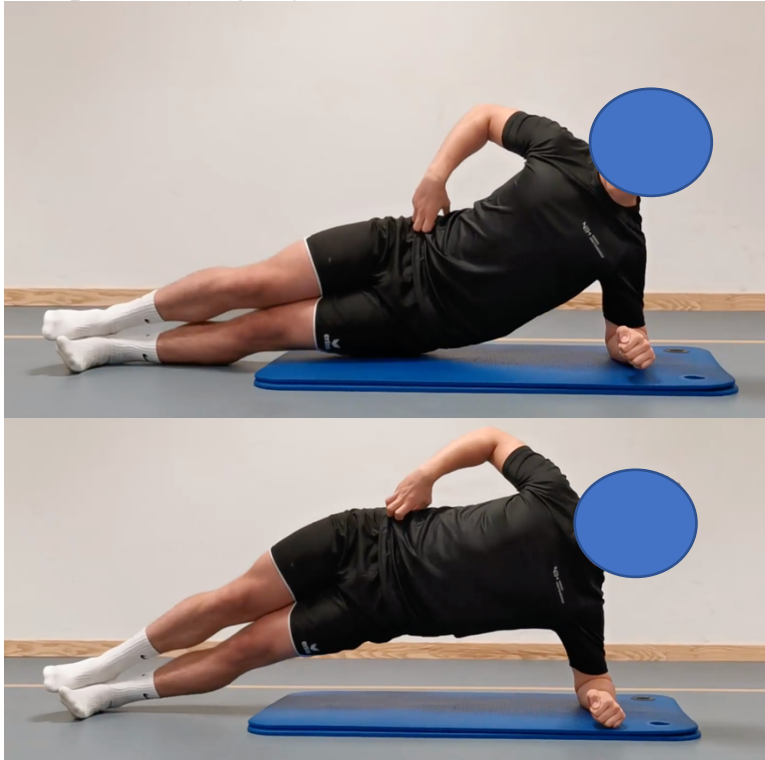
Styrkeøvelser

Styrkeøvelser	Uke 1-2 Tilvenning			Uke 3-5 Middels Hardt			Uke 6-8 Hardt		
	Rep	Set	RIR	Rep	Set	RIR	Rep	Set	RIR
Treningscenterøkt									
Sideplanke	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Clam Shell	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Tåhev (Beinpress eller Smithmaskin)	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Håndballbaneøkt									
Sideplanke	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Clam shell	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0
Tåhev m/partner	8	1-2	2-3	6	2	1	4	3	0

RIR: Repetisjoner i reserve. Antallet ytterligere repetisjoner utøveren hadde vært i stand til å gjennomføre når et sett avsluttes. Skulle man f.eks. være i stand til å kjøre 10 repetisjoner med en gitt motstand, men RIR er satt til å være 1 betyr dette at kun 9 repetisjoner skal gjennomføres.

0 RIR: Settet gjennomføres til utmattelse. Motstanden er så høy at utøveren ikke vil være i stand til å gjennomføre en ekstra repetisjon.

Sideplanke Progresjon 1



Start sideliggende på bakken. Sett nedre albue og underarm mot underlaget og plasser øvre ben på toppen av det nedre.

Løft deretter kroppen fra bakken ved å stramme muskulaturen på siden av hoften og overkroppen, slik at kun underarmen og foten på nedre side av kroppen har kontakt med underlaget.

Den eksentriske fasen starter med at hoften senkes til den får kontakt med gulvet. Deretter løftes hoften opp igjen til startposisjon.

Sideplanke Progresjon 2

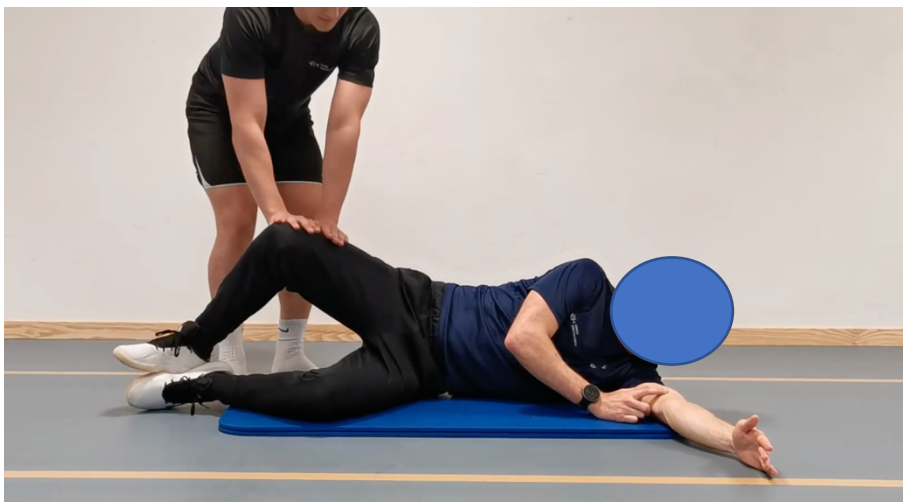


Start sideliggende på bakken. Sett nedre albue og underarm mot underlaget og plasser øvre ben på toppen av det nedre. Bena skal være strake.

Løft deretter kroppen fra bakken ved å stramme muskulaturen på siden av hoften og overkroppen, slik at kun underarmen og foten på nedre side av kroppen har kontakt med underlaget. Øvre ben løftes også opp fra det nedre.

En partner presser aktivt ned på utøverens hofte og utøveren bruker muskulaturen på siden av hoften og overkroppen for å motvirke at hoften synker mot gulvet. Når hoften er blitt presset ned til bakken løfter utøver den opp til startposisjon. Det er viktig at partnere styrer motstanden i forhold til det gitte antall repetisjonen. Dvs. at partnere må gi mye motstand på 4 repetisjoner og lite eller ingen motstand på 6 og 8 repetisjoner.

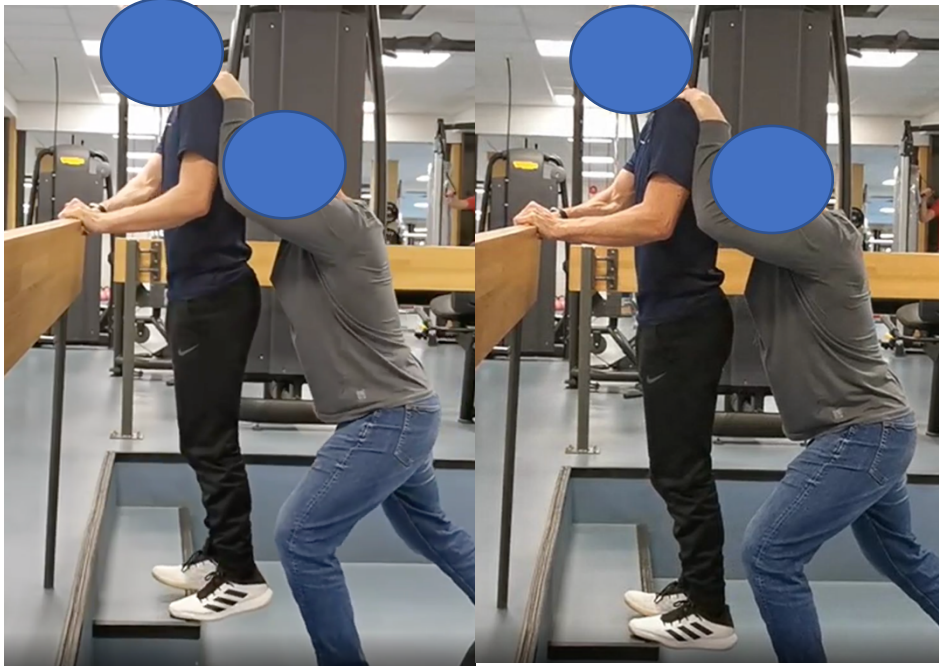
Clam shell



Start sideliggende på bakken. Ha omtrent 45 graders fleksjon i hoften og 90 graders fleksjon i knærne, med det øvre benet plassert på toppen av det nedre.

Løft og utoverroter deretter øvre kne så mye som mulig uten føttene mister kontakten. Partner legger press ned på utøverens øvre kne for å påføre ytre motstand. Det er viktig at partnere styrer motstanden i forhold til det gitte antall repetisjonen.

Tåhev



Utøveren starter stående på kanten av et trappetrinn eller en annen kant. Kun forfoten er på kanten, bakre del av foten er ikke i kontakt med underlaget.

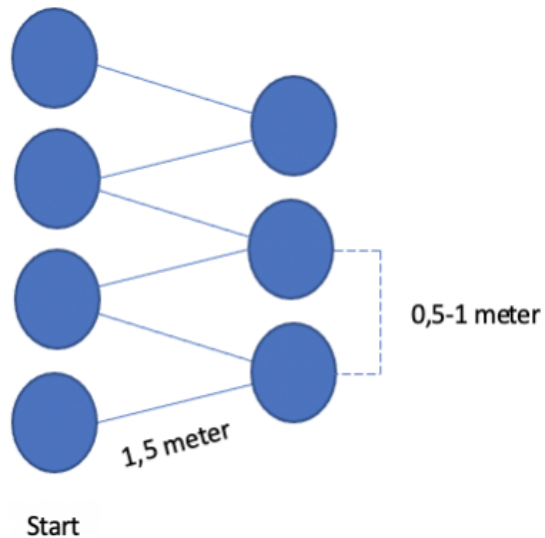
Øvelsen starter med at utøver løfter den ene foten fullstendig fra underlaget, slik at kun det ene benet belastes. Deretter brukes muskulaturen i leggen til å gjennomføre en tåhev. I senkefasen av øvelsen bruker partner egen kroppsvekt til å henge på utøver sine skuldre for å gi ekstra motstand. Utøver og partner må kommunisere for å sikre riktig motstand.

Når utøver har senket seg selv rolig ned til bunnsposisjonen slipper partner skuldrene til utøveren og utøveren gjennomfører en tåhev opp til topposisjonen uten ekstra motstand. Deretter gjentas dette i oppgitte antall repetisjoner.

Gjennomføres treningsøkten på et treningssenter kan smith-maskin, benpress eller stående tåhev-maskin benyttes med samme utførelse som beskrevet over.

Oppvarmingsøvelser

Diagonalhopp (3H, 3V) med landing – fokus: forfotlanding (3 serier)

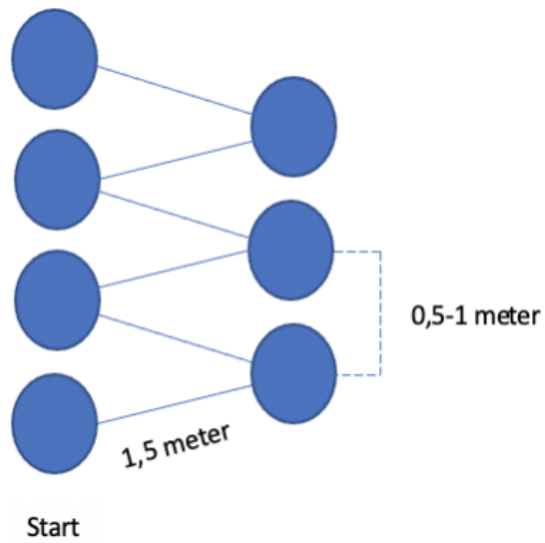


Kjegler er plassert med omtrent 1,5 meter mellomrom på omtrent 45 grader vinkel fremover. Den første kjeglen ligger til venstre og det plasseres totalt 6 kjegler (Se bilde).

Utøveren starter stående på sitt venstre bein på første kjeglen. Utøveren hopper mot høyre og lander med sitt høyre bein ved neste kjegle. Målet med øvelsen er at landingen skal skje med forfoten først, deretter bakre del av foten. Utøveren forsøker å lande i balanse uten flytte foten for mye. Når utøveren har full kontroll, kan utøveren hoppe videre mot venstre og lande på sitt venstre bein.

6 hopp gjennomføres per runde.

Diagonalhopp (3H, 3V) med landing – fokus: kneposisjon (3 serier)



Kjeglere er plassert med omtrent 1,5 meter mellomrom på omtrent 45 grader vinkel fremover. Den første kjeglen ligger til venstre og det plasseres totalt 6 kjegler (Se bilde).

Utøveren starter stående på sitt venstre bein på første kjeglen. Utøveren hopper mot høyre og lander med sitt høyre bein på neste kjegle. Målet med øvelsen er å holde kontroll på kneet og unngå at det faller inn ved landing. Når utøveren har full kontroll, kan utøveren hoppe videre mot venstre og lande på sitt venstre bein.

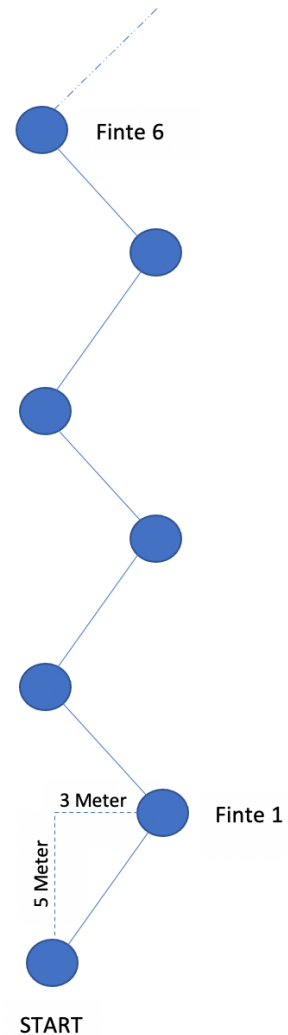
6 hopp gjennomføres per runde.

Finte – fokus: forfotlanding + kneposisjon (3H, 3V), gradvis økende intensitet



Det plasseres 7 kjegele i skiksakformasjon. Det skal være 5 meter mellom hver kjegele i lengde og 3 meter i bredde (Se bilde).

Spillere starter ved første kjegele. Øvelsen starter med at utøveren løper mot neste kjegele i løypen og utfører en finte med retningsforandring, hvor utgangen er i retning av den neste kjegele. Dette gjentas videre ved hver kjegele og utøveren gjennomfører dermed 6 finter per runde. Det tekniske fokuset skal være forfotlanding og knekontroll (unngå at knærne faller inn).



Vekoverføring kasse – Uke 1-2, 3 serier – 30 sek



Utøveren starter øvelsen med ett bein på kassen og ett bein utenfor. Utøveren skal vekselvis bytte hvilket bein som er i kontakt med kassen. Målet med øvelsen er å holde tyngdepunktet midt over kassen mens beina forflyttes. Mesteparten av vekten vil være på det midterste beinet. Når utøverens venstre fot er på kassen, vil høyre arm være fremme. Start rolig og øk tempo når teknikken setter seg.

Shuffle, 5m avstand, moderat intensitet - Uke 3-5, 3 serier – 30 sek



Utøveren skal gjennomføre en «side shuffle» fra kjegle til kjegle i moderat tempo. Når utøveren kommer til kjeglen gjøres det en retningsforandring. Målet er å holde mesteparten av vekten på det innerste beinet, og dermed også overkroppen over det innerste beinet. På denne måten lener utøveren seg mot den retningen den skal. Sørg for at det ytterste kneet holdes i rett.

Løp, 5m avstand, maks intensitet – Uke 6-8, (2H + 2V) (2 runder)



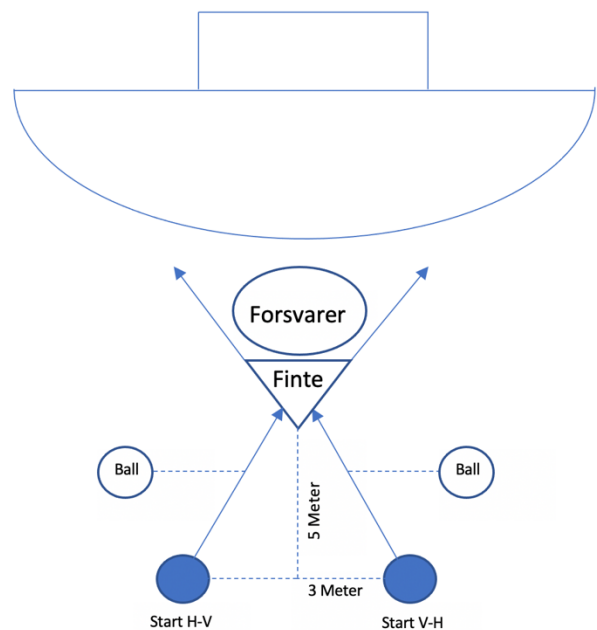
Utøveren startet på en kjege og løper i full hastighet mot den andre kjege. Ved denne kjege skal utøveren gjøre en 180-graders vending. Utøveren vender to ganger til hver side. Målet er å bruke det innerste beinet til å redusere hastigheten i det utøvere skal vende. Det andre beinet skal deretter brukes for på presse i motsatt retning for å fullføre retningsforandringen. Vekten til utøveren vil ligge over det innerste beinet i vendingsøyeblikket. Sørg for at det ytterste kneet holdes i rett.

HV + VH finte (med motspiller, men ingen kontakt) - Uke 1-2, 3 serier hver vei

Utøverens oppgave er å utføre en fintebevegelse med en høyre-venstre eller venstre-høyre retningsforandring. Utøveren starter fem meter tilbake og tre meter til siden i forhold der finten utføres. Forsvarsspiller står på straffemerket. Angrepspiller kommer skrått på forsvarsspilleren mottar balle og utfører en finte som ligner på den de ville utført i kampsituasjon. Målet er å finte en bevegelse en retning, men en rask retningsforandring mot motsatt side. Om angrepspilleren starter fra sin venstre side vil hun motta ballen fra venstre og finte høyre-venstre. Spilleren vil avslutte på mål etter finten. Utøveren finter fra annenhver side.

Fokuset under finten er forfotlanding og unngå at kneet faller inn.

Forsvarsspilleren vil være passiv, og ikke ha noe kontakt med angrepspilleren. Hvem som kaster pasningen og hvem som forsvarer kan variere.

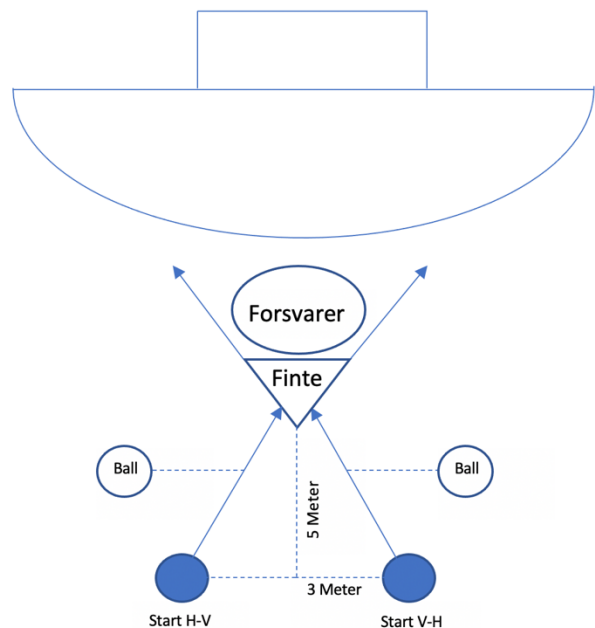


HV + VH finte (med motspiller, noe motstand/kontakt) – Uke 3-5, 3 serier hver vei

Utøverens oppgave er å utføre en fintebevegelse med en høyre-venstre eller venstre-høyre retningsforandring. Utøveren starter fem meter tilbake og tre meter til siden i forhold der finten utføres. Forsvarsspiller står på straffemerket. Angrepspiller kommer skrått på forsvarsspilleren mottar balle og utfører en finte som ligner på den de ville utført i kampsituasjon. Målet er å finte en bevegelse en retning, men en rask retningsforandring mot motsatt side. Om angrepspilleren starter fra sin venstre side vil hun motta ballen fra venstre og finte høyre-venstre. Spilleren vil avslutte på mål etter finten. Utøveren finter fra annenhver side.

Fokuset under finten er forfotlanding og unngå at kneet faller inn.

Forsvarsspilleren vil gi angrepspilleren noe mostand, og ha lett kontakt med angrepspilleren. Hvem som kaster pasningen og hvem som forsvarer kan variere.

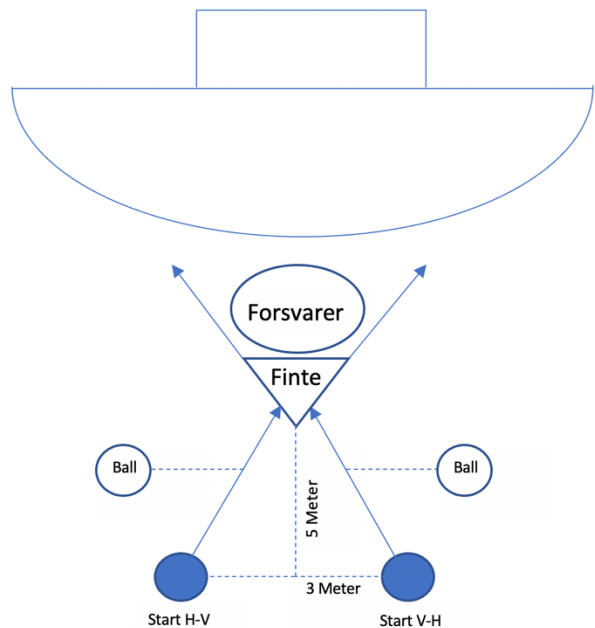


HV + VH finte (med motspiller, full motstand/kontakt) – Uke 6-8, 3 serier hver vei

Utøverens oppgave er å utføre en fintebevegelse med en høyre-venstre eller venstre-høyre retningsforandring. Utøveren starter fem meter tilbake og tre meter til siden i forhold der finten utføres. Forsvarsspiller står på straffemerket. Angrepspiller kommer skrått på forsvarsspilleren mottar balle og utfører en finte som ligner på den de ville utført i kampsituasjon. Målet er å finte en bevegelse en retning, men en rask retningsforandring mot motsatt side. Om angrepspilleren starter fra sin venstre side vil hun motta ballen fra venstre og finte høyre-venstre. Spilleren vil avslutte på mål etter finten. Utøveren finter fra annenhver side.

Fokuset under finten er forfotlanding og unngå at kneet faller inn.

Forsvarsspilleren vil gi angrepspilleren full mostand, og ha full kontakt med angrepspilleren. Hvem som kaster pasningen og hvem som forsvarer kan variere.



Forslag til oppvarmingsprogram - finteprosjekt NIH

Rød øvelser er lagt til spesifikt for reduksjon av kneabduksjonsmoment

Resterende øvelser er tatt fra oppvarmingsprogrammet til Patrick Braarud (Otto Treider)

Mobilitet og stabilitet
Squat to stand med brystrygg rotasjon
Utfall matrise °90, °135, 180
Ett beins markløft med strake armer

Løp & teknikk
Løp forlengs, baklengs og sidelengs
Monster walks med eller uten strikk
Diagonalhopp (3H, 3V) med landing – fokus: forfotlanding (2-3 serier)
Diagonalhopp (3H, 3V) med landing – fokus: unngå valgus (2-3 serier)
Finte – fokus: forfotlanding + unngå valgus (3H, 3V), gradvis økende intensitet

180° retningsforandring		
Fokus på innoverlening av overkropp, og vekt på begge bein		
Uke 1-2	Uke 3-5	Uke 5-8
Vektoverføring (på kasse) (2-3 serier)	Shuffle, 5m avstand, moderat innsats (2-3 serier)	

Skulder		
Uke 1-2	Uke 3-5	Uke 5-8
Stående Y med partner	Face pulls med partner	Stående T med partner
En hånds roing med partner	Band pull apart tommel ut	Utover rotasjon med partner
Skulderpushups	Yoga pushups	Pushups med en hånd på ball

Dueller - Finteinngang en mot en		
Fokus på forfotlanding og kneposisjon		
Uke 1-2	Uke 3-5	Uke 5-8
HV + VH finte (med motspiller, men ingen kontakt) (3 serier hver vei)	HV + VH finte (noe motstand) (3 serier hver vei)	

Kast
Valgfritt
Målvakt
Valgfritt

180° retningsforandring Fokus på innoverledning av overkropp, og vekt på begge bein		
Uke 1-2	Uke 3-5	Uke 5-8
		Løp, full innsats 5m avstand (2H + 2V) (2 runder)

Dueller - Finteinngang en mot en Fokus på forfotlanding og kneposisjon		
Uke 1-2	Uke 3-5	Uke 5-8
		HV + VH finte (full motstand) (3 serier hver vei)

Vil du delta i forskningsprosjektet

“Redusere risikofaktorer for korsbåndskader hos unge kvinnelige håndballspillere”?

Dette er en invitasjon til deg om å delta i et forskningsprosjekt, hvor hovedformålet er å undersøke om man kan påvirke risikofaktorer for fremre korsbåndsskader ved å gjennomføre et 8 uker langt styrke- og teknikk treningsprogram. I dette skrivet ønsker vi å gi deg informasjon om målene for prosjektet, samt hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Tidligere studier viser at finte- og vendingsteknikk påvirker risiko for å få en fremre korsbåndskade hos kvinnelige håndballspillere på elitenivå. Vi ønsker nå å undersøke om vi kan redusere skaderisikoen ved å gjennomføre målrettet styrke- og teknikk trening over 8 uker. I tillegg til å belyse risiko for fremre korsbåndskader vil testene også gi informasjon om deltakeres fysiske prestasjon. Sekundært ønsker vi å undersøke hvilken effekt det samme treningsprogrammet har på fysisk prestasjon. Dataene fra studien vil benyttes i master-og doktorgradsprosjekt



Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Norges Idrettshøgskole er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Vi søker 75 kvinnelige håndballspillere fra norske toppidrettsgymnas. Du må ha fylt 16 år for å kunne delta. Kvinnelige håndballspillere på høyt nivå er spesielt utsatt for fremre korsbåndsskader, og dette prosjektet er viktig for å kunne forstå hvordan vi skal redusere skaderisikoen og samtidig forbedre finte- og vendingsprestasjon.

Hva innebærer det for deg å delta?

Før og etter treningsprogrammet vil du gjennomføre finte- og vendingstester i vår biomekaniske laboratorium, der vi vil feste refleksmarkører på kroppen din.

Refleksmarkørene filmes av infrarøde kamera. Etter oppvarming vil du gjennomføre prøvoforsøk for å bli kjent med testene. Du må ha på deg en kort shorts, sports-BH og skoene du bruker når du spiller håndball. Vi vil i tillegg måle høyde, kroppsvekt og samle inn informasjon om spillerposisjon, skadehistorikk, og spørsmål relatert til skadeforebyggende trening. Du må påregne å være i laboratoriet i ca 1,5 time. Vi vil også filme fintene med videokamera, for å undersøke hvorvidt håndballtrenere kan identifisere finteteknikk med høy risiko. Vi vil posisjonere kameraet slik at ansiktet ikke filmes, kun fra skuldre og ned.

Etter testing vil skolene som deltar trekkes til enten treningsgruppe eller kontrollgruppe. Skolene som havner i treningsgruppen vil gjennomføre et teknikk- og styrketreningsopplegg på 8 uker. Treningen vil gjennomføres på utøvernes respektive skoler. Målet med treningsopplegget er å redusere korsbåndsskader og øke prestasjon. Skolen som havner i kontrollgruppen vil ikke gjennomføre noe spesifikt treningsopplegg, kun deres vanlige treningsopplegg. Etter 8-uker vil alle utøverne bli testet med de samme testene som ble gjort tidligere for å se etter endringer i resultatene.

Det vil også gjennomføres spørreundersøkelser underveis i prosjektet. Formålet med disse er å kartlegge kunnskap og tanker rundt skadeforebygging, treningsprogrammet og testingen. Det vil ikke spørres om sensitive opplysninger.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun masterstudenter, veileder og prosjektmedarbeidere som vi har tilgang til opplysningene om deg. I tillegg vil prosjektet gjøres i samarbeid med German Sport University Cologne, som dermed også vil ha tilgang til data. Navnet og kontaktopplysningene dine vil bli anonymisert, og vi vil kun benytte forsøkspersonnummer i databehandlingen. Individuelle deltakere vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjoner. Personopplysninger vil bli tatt vare på frem til post-testing er gjennomført, sannsynligvis innen julen 2022.

PC'er som benyttes i prosjektet vil være passordbeskyttet. Datamaterialet vil bli lagret på forskningsserver.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes 31.12.2023. Alle persondata vil være anonymisert, men alle data vil oppbevares i 5 år etter prosjektslutt pga etterprøvbarehet av forskningsdata.

Dine rettigheter

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

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

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

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

Hvor kan jeg finne ut mer?

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

- *Norges Idrettshøgskole* ved masterstudenter Patrik Thun
(patrik_thun@hotmail.com, tlf: 99560856), Sigurd Solbakken
(sigsolba@hotmail.com, tlf: 95996018) eller veileder/prosjektleder Tron Krosshaug (tronk@nih.no, tlf: 456 60 046)
- Vårt personvernombud: Rolf Haavik (personvernombud@nih.no)

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost
(personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Tron Krosshaug

(Forsker/veileder)

Patrik Thun

(Masterstudent)

Sigurd Solbakken

(Masterstudent)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Redusere risikofaktorer for korsbåndskader hos unge kvinnelige håndballspillere*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til å delta i prosjektet.

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet.

(Navn prosjektdeltaker (blokkbokstaver)):

(Signert av prosjektdeltaker, dato)



[Meldeskjema](#) / [Can a strength and technique intervention reduce knee abduction m...](#) / Vurdering

Vurdering av behandling av personopplysninger

Referansenummer

263122

Vurderingstype

Standard

Dato

16.08.2022

Prosjekttittel

Can a strength and technique intervention reduce knee abduction moment in young female handball players?

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges idrettshøgskole / Institutt for idrettsmedisinske fag

Felles behandlingsansvarlige institusjoner

German Sport University Cologne

Prosjektansvarlig

Tron Krosshaug

Prosjektperiode

15.08.2022 - 31.12.2023

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Særlige

Lovlig grunnlag

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Uttrykkelig samtykke (Personvernforordningen art. 9 nr. 2 bokstav a)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 31.12.2023.

[Meldeskjema](#)

Kommentar

Personverntjenester har vurdert endringen registrert i meldeskjemaet.

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

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

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

Kontaktperson: Simon Gogl

Lykke til videre med prosjektet!