

Maren Stjernen

Hvilke egenskaper er avgjørende for god knekontroll hos elitehåndballspillere?



Masteroppgave i Idrettsfysioterapi

Seksjon for idrettsmedisinske fag

Norges Idrettshøgskole

Oslo, Mai 2009

Forord

I løpet av mitt mastergradsstudie har jeg vært så heldig å få være en del av et større forskningsprosjekt. Det har til slutt resultert i denne masteroppgaven. Prosessen frem mot målet har vært spennende og lærerik. Gjennom å delta i en større prospektiv korhort-studie har jeg fått muligheten til å lære mer om det spesifikke temaet denne oppgaven handler om. Jeg har også fått større innsikt i forskningens verden. Det setter jeg stor pris på.

Først en stor takk til min veileder Kathrin Steffen. Takk for gode og konstruktive tilbakemeldinger. Takk for at du alltid er tilgjengelig, for ditt store engasjement og evne til å motivere meg til hele tiden å prestere bedre. En takk også til Grethe Myklebust for god faglig oppfølging og oppmuntringer underveis i prosessen.

Takk til resten av forskningsgruppen for fagmøter, diskusjoner og at dere alltid har vært tilgjengelig for hjelp underveis.

Takk til Ingar Holme for statistiske råd.

En stor takk til medstudenter og nære venner for fantastisk støtte gjennom oppturer og nedturer underveis i prosessen. På grunn av dere ser jeg tilbake på denne tiden med stor glede.

En spesiell takk til Kirsti og Line for korrekturlesing.

Til slutt en takk til mine foreldre for engasjement, oppmuntring og støtte i alt jeg foretar meg.

Oslo, Mai 2009

Maren Stjernen

Sammendrag

Til tross for at vi vet at forebygging av fremre korsbåndskader er mulig, er det lite kunnskap rundt skademekanismene og hvilke faktorer som øker risikoen for å pådra seg en skade. Økt valgusbevegelse under finter og hopp er identifisert som en del av mekanismen bak en korsbåndskade, men vi har lite kunnskap om hvorfor enkelte spillere utfører finter og hopp med økt valgusbevegelse i kneet.

Ettbens knebøy og tobens fallhopp er to tester som har vist seg å skille utøvere med god og dårlig knekontroll i frontalplanet. Avdekking av egenskaper som påvirker utførelsen av disse to testene, samt at det viser seg at disse egenskapene er modifiserbare vil bety store muligheter for å forebygge skader mer effektivt.

Denne oppgaven er en del av en større prospektiv kohortstudie som har til hensikt å kartlegge risikofaktorer for fremre korsbåndskader blant kvinnelige håndballspillere. Alle lag i eliteserien samt det norske landslaget i håndball ble inkludert i studien. Utøverne ble testet i ettbens knebøy og tobens fallhopp. Utførelsen av disse testene ble vurdert subjektivt av en fysioterapeut. Deretter ble alle utøverne testet for isometrisk styrke i hofta, isokinetisk quadriceps- og hamstringstyrke, 1RM styrke i benpress, samt statisk og dynamisk balanse.

Hovedfunnene i denne studien indikerer at redusert styrke i hofte- og kneekstensorer målt i lukket kjede (benpress) samt nedsatt statisk balanse er egenskaper som virker negativt inn på utøverens knekontroll. Vi ser i tillegg at utøvere som scorer *dårlig* på ettbens knebøy i gjennomsnitt er yngre og høyere enn utøvere som scorer *redusert og bra*. De som utfører tobens fallhopp med *dårlig* knekontroll kjennetegnes ved at de er eldre og veier mer enn de som scorer *bra*.

Resultatene fra denne studien indikerer at trening av styrke i lukket kjede og statisk balanse på ujevnt underlag trolig kan bedre knekontrollen ved ettbens knebøy og tobens fallhopp. Benpress og balansetrening bør derfor inngå i den skadeforebyggende treningen og implementeres tidlig i håndballkarrieren.

Begrepsavklaringer

Compliance: Uttrykk som beskriver i hvor stor grad lag og spillere gjennomfører en intervensjon. Kan også forstås som villighet til å følge en anbefalt handling.

In vivo studier: Studier gjort på levende organismer.

In vitro studier: Studier gjort på døde organismer, i dette tilfellet kne fra kadaver.

Isokinetisk styrke: Ved isokinetisk styrketesting måles muskelens evne til å utvikle kraft mens den forkortes ved en bestemt hastighet i hele bevegelsesbanen.

Isometrisk styrketesting: Isometrisk betyr ”lik lengde”. Ved isometrisk styrketesting måles muskelens evne til å utvikle kraft ved en gitt vinkel i leddet, uten at muskelen forkortes.

Nevromuskulær kontroll: Er definert som en ubevist aktivering av muskulatur. Aktiveringen oppstår som forberedelse og som respons til leddbevegelse med formål om å opprettholde og gjenopprette funksjonell leddstabilitet (Riemann og Lephard 2002).

Trening i åpen kjede: Defineres i denne oppgaven som treningsøvelser hvor det distale segmentet av ekstremiteten kan bevege seg fritt. Bevegelser i åpen kinetisk kjede oppstår ved muskulær kontraksjon av agonisten og antagonisten til et ledd hvor den distale enden av ekstremiteten ikke er vekt bærende.

Trening i lukket kjede: Defineres i denne oppgaven som treningsøvelser som stimulerer til bevegelse av alle leddene i en ekstremitet. Øvelser av denne typen stimulerer til kokontraksjon av muskulaturen rundt leddene mens den distale enden av ekstremiteten er vekt bærende.

Statisk valgus: Vinkelen som dannes mellom femur og tibia i frontalplanet. Denne vinkelen er normalt på 170-175 grader (Kampanj 1987). Kan kun måles korrekt med 3D.

Dynamisk valgus: Et begrep introdusert av Hewett og medarbeidere (2005).

Begrepet refererer til todimensjonal kneposisjon i frontalplanet (medial og lateral forflytning). Dynamisk valgus kan øke med både innadrotasjon i hofte og ankel samt valgus i kne. Bevegelsen er et produkt av rotasjoner i både frontal og transversalplanet. Begrepet valgusbevegelse referer til dette begrepet i denne oppgaven.

Tabelloversikt

Tabell 1. Studiens utvalg med gjennomsnittlig alder, høyde og vekt oppgitt med ett standardavvik.	32
Tabell 2. Forskjeller i vekt (kg), høyde (cm) og alder (år) mellom gruppene.	41
Tabell 3. Forskjeller i isometrisk styrke i hofteabduksjon mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	42
Tabell 4. Forskjeller i quadricepsstyrke mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	42
Tabell 5. Forskjeller i hamstringsstyrke mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	42
Tabell 6. Forskjeller i quadriceps/hamstrings-ratio mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	43
Tabell 7. Forskjeller i 1RM i hofte og kneekstensorer mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	43
Tabell 8. Forskjeller i relativ styrke (1RM/vekt) mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	44
Tabell 9. Forskjeller i mediolateral svai, anteriolateral svai og velocity moment målt på balanseplattform mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	45
Tabell 10. Forskjellen i dynamisk balanse målt som mediolateral svai og anterioposteriør svai (mm/sek) mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll.	45

Figuroversikt

Figur 1. Kneleddet med menisker, fremre og bakre korsbånd.....	13
Figur 2. Modell for forskning på idrettsskader modifisert fra van Mechelen.....	15
Figur 3. Modifisert utgave av Meeuwisses multifaktorielle etiologimodell.....	17
Figur 4. Forberedelse til EKB-test	33
Figur 5. Ettbens knebøy	34
Figur 6. Tobens fallhopp.....	34
Figur 7. Illustrasjon av bra og dårlig knekontroll ved ettbens knebøy og tobens fallhopp.	35
Figur 8. Testing av isometrisk hoftestyrke.....	37
Figur 9. Testing av isokinetisk quadriceps- og hamstringsstyrke	37
Figur 10. Styrke i kne- og hofteekstensorer i et benpress-apparat.....	38
Figur 11. Test av dynamisk balanse.....	39

Oversikt over vedlegg

Vedlegg 1: Brev med informasjon til alle klubbene

Vedlegg 2: Regional Etisk komitè.

Vedlegg 3: Norsk samfunnsvitenskapelige datatjeneste

Innhold

1. INTRODUKSJON	10
2. PROBLEMSTILLING	12
3. TEORI	13
3.1 KNELEDDET	13
3.2 FREMRE KORSBÅND	14
3.3 KNEETS AKSER OG PLAN	14
3.4 KONSEKVENSER AV EN ACL-SKADE	15
3.5 TEORETISK MODELL FOR IDRETTSSKADEFORSKNING.....	15
3.6 SKADEFØREKOMST	16
3.7 ÅRSAKER TIL SKADE	16
3.8 SKADEMEKANISMEN.....	18
3.8.1 Spillesituasjonen	18
3.8.2 Kroppen og leddets biomekanikk	18
3.9 RISIKOFAKTORER FOR SKADE	21
3.9.1 Eksterne risikofaktorer.....	21
3.9.2 Interne risikofaktorer	22
3.10 SKADEFØREBYGGENDE TILTAK	27
3.11 HVORDAN PLUKKE UT SPILLERE MED STOR SKADERISKO?	30
4. METODE.....	32
4.1 STUDIEDESIGN	32
4.2 UTVALG	32
4.3 MÅLEMETODER	32
4.3.1 Antropometriske data	32
4.3.2 Funksjonelle tester	33
4.3.3 Styrke og balanse tester	36
4.4 RELIABILITET OG VALIDITET PÅ DE SUBJEKTIVE TESTENE.....	39
4.5 ETIKK	39
4.6 DATABEHANDLING	40
4.7 STATISTIKK.....	40
5. RESULTATER	41
5.1 ANTROPOMETRISKE FORSKJELLER.....	41
5.2 ISOMETRISK HOFTESTYRKE.....	42
5.3 ISOKINETISK QUADRICEPS- OG HAMSTRINGSSTYRKE	42
5.4 STYRKE I HOFTE OG KNEEKSTENSORER	43
5.5 BALANSE	44

6. DISKUSJON	46
6.1 DISKUSJON AV RESULTATER.....	46
6.1.1 Antropometriske forskjeller.....	47
6.1.2 Isometrisk hoftestyrke.....	48
6.1.3 Isokinetisk quadriceps- og hamstringsstyrke	50
6.1.4 Styrke i hofte- og kneekstensorer	51
6.1.5 Balanse.....	52
6.2 DISKUSJON AV METODE	54
6.2.1 Statistisk styrkeberegning.....	56
6.2.2 Begrensninger med studiens design	56
6.3 PERSPEKTIVER	57
7. KONKLUSJON	58
REFERANSER.....	59

1. Introduksjon

Håndball er en populær idrett i Norge. Tall fra Norges Håndballforbund (NHF) viser at det i 2006 var omlag 100 000 håndballspillere på ulike nivåer i dette landet (www.handball.no). Dette gjør denne idretten til en av de største bak fotball med sine 375 000 aktive utøvere (www.fotball.no).

Med økt deltagelse i idrett følger også økt forekomst av skader. I Norge står idrettsskader for omlag 17% av alle personskader som blir behandlet på legevakten (Leereim 1999). Av disse er 33% forårsaket av fotball, mens 12% er håndballrelaterte skader. Det er viktig å ta i betraktning at dette ikke nødvendigvis betyr at dette er de farligste idrettene, men at de er de mest populære (Leereim 1999).

Flere studier har vist at skadeforekomsten blant håndballspillere er svært høy (Nielsen og Yde 1988, Myklebust et al. 1997, Wedderkopp et al. 1997). En av de mest alvorlige skadene en håndballspiller kan pådra seg er ruptur av fremre korsbånd. Skader av denne typen kan få alvorlige konsekvenser. Skaden kan føre til langvarige fysiske og psykiske plager i tillegg til store kostnader for samfunnet som følge av operasjon og rehabilitering (Engebretsen, muntlig meddelelse). I følge Myklebust og medarbeidere (2003²) har 46% av de ikke-opererte og 42% av de opererte korsbåndskadene radiologisk påvisbar artrose åtte år etter oppstått skade på fremre korsbånd.

Som en følge av de alvorlige konsekvensene en skade kan få har flere studier tatt sikte på å forebygge fremre korsbåndskader (Caraffa et al. 1996, Wedderkopp et al. 2003, Myklebust et al. 2003¹, Mandelbaum et al. 2005, Olsen et al. 2005). De skadeforebyggende treningsprogrammene har hatt fokus på nevro-muskulær trening, innlæring av riktig teknikk og noe styrketrening. Alle studiene har positive resultater og viser at forebygging av fremre korsbåndskader er mulig.

Til tross for at vi vet at forebygging av fremre korsbåndskader er mulig er det lite kunnskap rundt skademekanismene og hvilke faktorer som øker risikoen for å pådra seg en skade. Vi vet derimot at det i enkelte idretter eksisterer store kjønnsforskjeller i skadeforekomst. Det er vist at kvinner har 4-6 ganger større risiko for å bli korsbåndskadet sammenlignet med menn (Arendt og Dick 1995, Myklebust et al.

1997, Myklebust et al. 1998). Mange har forsøkt å identifisere årsaken til at kvinner har høyere risiko for å bli skadet, men det foreligger fortsatt ingen konsensus på området (Huston et al. 2001, Lephart et al. 2002, Ford et al. 2005, Griffin et al. 2006). Avdekking av skademekanismer og risikofaktorer, samt at det viser seg at disse faktorene er modifiserbare vil bety store muligheter for å forebygge skader mer effektivt (Olsen et al. 2005).

Det er foreslått flere mekanismer som fører til skade på fremre korsbånd. Forøket valgusbevegelse i kne ved finter og hopp er foreslått som en av de viktigste mekanismene (Hewett et al. 2005, Olsen et al. 2006). Det er også vist at denne bevegelsen er større hos kvinner sammenlignet med menn ved hopp og landinger (Ford et al. 2003, 2005¹²). Identifisering av utøvere som viser tendens til økt valgisering i kne vil derfor være viktig for å kunne plukke ut de utøverne som bør fokusere ekstra mye på forebyggende trening.

Hewett og medarbeidere (2005) har vist at en fallhopp test kan være et nyttig hjelpemiddel for å plukke ut utøvere med økt valgusbevegelse i kne og dermed utøvere som antas å ha økt risiko for en fremre korsbåndskade. Ettbens knebøy og tobens fallhopp er av Stensrud (2008) vist å være to gode tester for å skille utøvere med god og dårlig knekontroll. Det er av betydning å identifisere hvilke egenskaper som spiller inn på utførelse av disse knekontrolltestene. Dersom det viser seg at dette er modifiserbare egenskaper vil det bety av vi lettere kan legge opp til individuelt tilpassede forebyggende treningsprogrammer.

Hensikten med denne studien er å identifisere faktorer som påvirker knekontrollen under ettbens knebøy og tobens fallhopp. Ønsket er at våre resultater kan bidra til å optimalisere den forebyggende treningen for fremre korsbåndskader.

2. Problemstilling

”I hvilken grad er ulike styrke- og balansevariabler avgjørende for knekontroll, målt ved en subjektiv vurdering av ettbens knebøy og tobens fallhopp, hos norske kvinnelige håndballspillere på elitenivå.”

Under denne problemstillingen ønsker vi å få svar på følgende spørsmål:

1. Er det forskjeller i isometrisk styrke i hofteabduksjon mellom utøvere som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll?
2. Er det forskjeller i isokinetisk styrke i quadriceps og hamstrings mellom utøvere som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll?
3. Er det forskjeller i styrke i 1RM i benpress mellom utøvere som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll?
4. Er det forskjeller i statisk balanse mellom utøvere som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll?
5. Er det forskjeller i dynamisk balanse mellom utøvere som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll?

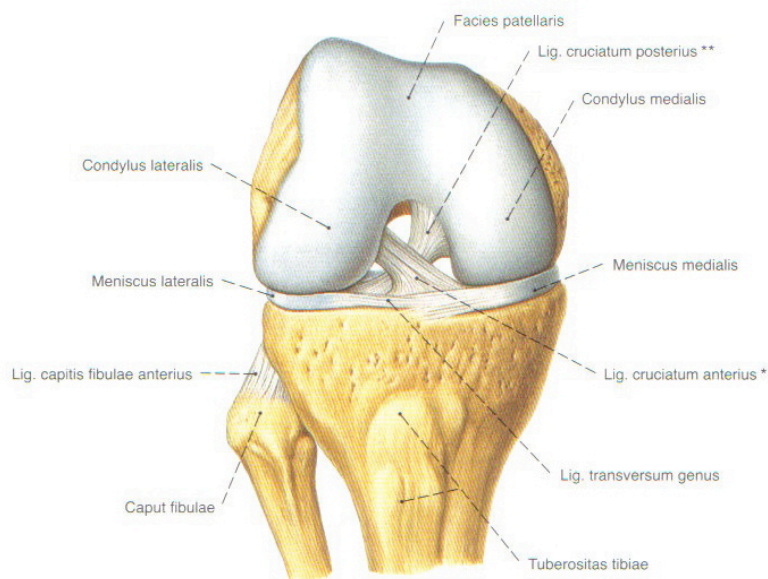
I tillegg ønsker vi å få svar på om det er antropometriske forskjeller mellom utøverne som utfører ettbens knebøy og tobens fallhopp med *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll.

3. Teori

3.1 Kneleddet

Kneleddet er det største og et av de mest avanserte leddene vi har i kroppen (Dahl og Rinvik 1999). Leddet er formet som et modifisert hengselledd med spiralformet krumning av femurkondylene.

I kneleddet artikulerer femur med tibia og patella. Inkongruensen mellom leddflatene på femur og tibia utlignes og stabiliseres ved hjelp av en kraftig leddkapsel, to menisker, to sidebånd og to korsbånd (figur 1). De to meniskene består av fiberbrusk og danner to leddskiver som fester seg på den flate leddflaten til tibia. De to meniskene er forbundet med leddkapselen og det mediale sidebåndet. Det mediale sidebåndet går fra den mediale femurkondylen ned til kanten på den mediale tibiakondylen. Det laterale sidebåndet er en rund streng som kommer fra den laterale epikondylen på femur og fester seg nede på caput fibulae. Sidebåndene hindrer hovedsakelig overdreven valgus/varus-bevegelse av kneleddet. Inne i leddet, mellom leddkapselen og synovialhinnen ligger de to ligg. cruciatum genus. På grunnlag av sitt feste på tibia kalles disse båndene for fremre og bakre korsbånd (Dahl og Rinvik 1999).



Figur 1. Kneleddet med menisker, fremre og bakre korsbånd (Putz og Pabst 2001).

3.2 Fremre korsbånd

Det fremre korsbåndet (ACL) kommer fra area intercondylaris anterior på tibia og går bakover, oppover og lateralt og fester seg baktil på medialsiden av den laterale femurkondylen (Dahl og Rinvik 1999). Ligamentets hovedfunksjon er å hindre at tibia glir anteriørt i forhold til femur. Båndet består av tette bindevevsfibre og lengden varierer fra 22 til 41 mm (Duthon et al. 2006). Funksjonelt kan ACL deles inn i to ulike deler, den anteriomediale delen og den posteriolaterale delen. De to delene beveger seg ulikt ved fleksjon og ekstensjon i kneet. Den anteriomediale delen strammes ved fleksjon, mens den posteriolaterale delen er strammere i full ekstensjon og slakkes når kneet flekteres. Dette gjør at den anteriomediale delen hovedsakelig hindrer den anteriotibiale glidningen alene ved lett fleksjon i kneet. Ved full ekstensjon er fibrene i de to delene av korsbåndet parallelle. I løpet av fleksjonen roteres den anteriomediale delen av korsbåndet rundt resten av ligamentet. På grunn av måten ACL er konstruert på er ulike deler av båndet strammet opp ved forskjellige bevegelsesvinkler i kneet (Duthon et al. 2006).

3.3 Kneets akser og plan

Kneet er et ledd med hovedsaklig en frihetsgrad som tillater fleksjon og ekstensjon rundt en horisontal akse i sagittalplan (Kapandji 1987). I tillegg til denne bevegelsen kan leddet rotere rundt en longitudinal akse når det er flektert. Ved 90 graders fleksjon er det aktivt mulig å innadrottere ca. 30 grader og utadrottere ca 40 grader. Kneets struktur gjør det umulig å rotere når leddet er fullstendig ekstendert. I tillegg til denne aktive rotasjonen skjer det ved fleksjon og ekstensjon en automatisk rotasjonsbevegelse. Denne bevegelsen skjer hovedsakelig i slutten av ekstensjonen og starten på fleksjonen. Når kneet er ekstendert blir foten utadrottert og ved fleksjon skjer en automatisk innadrotasjon. Den proksimale enden av femur er formet med en hals som danner en vinkel med selve femurskaftet. Dette gjør at femurskaftet ikke danner en rett linje med tibia, men en åpen vinkel på ca 170-175 grader. Dette kalles kneets fysiologiske valgus (Kapandji 1987). I tillegg til denne statiske valgusstillingen kan det skje en dynamisk valgusbevegelse ved at de laterale leddflatene separeres. Det er i flere studier målt en dynamisk knevalgus på 5-10 grader ved gange og ved tobensfallhopp (Freeman og Pinskerova 2005, Cowley et al. 2006, Cortes et al. 2007).

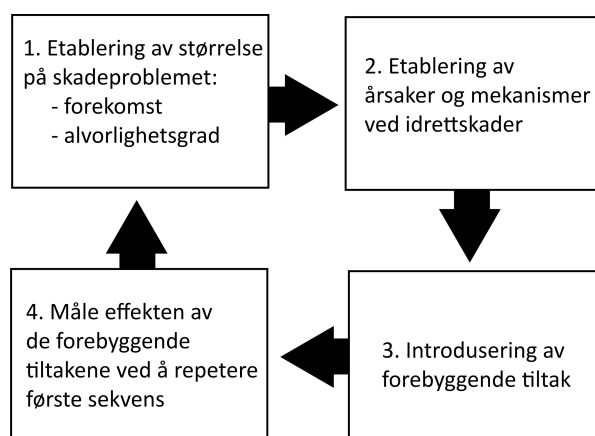
Det er også vist at kvinner lander med en større dynamisk knevalgus enn menn (Jacobs et al. 2007, Hewett et al. 2005).

3.4 Konsekvenser av en ACL-skade

En ruptur av ACL er en alvorlig skade som fører til langt skadeavbrekk og store fysiske følger. I følge Myklebust og medarbeidere (2003²) har 46% av de ikke-opererte og 42% av de opererte korsbåndsskadene radiologisk påvisbar artrose 8 år etter skaden. I tillegg er hver skade av fremre korsbånd beregnet å koste mellom 500 000-1 000 000 i operasjonskostnader, sykefravær, rehabilitering og sykepenger (Engebretsen 2000, muntlig meddelelse). Den totale kostnaden for fremre korsbåndsskader i Norge estimeres derfor til over en milliard kroner. Dette forteller oss at en slik skade ikke bare har store konsekvenser for det individet som rammes, men også for samfunnet generelt. Studier har også vist at en stor andel av ACL-skadde håndballspillere aldri kommer tilbake til idretten (Myklebust et al. 2003²). Det har derfor de siste årene vært viet ekstra mye oppmerksomhet til denne typen skader med tanke på å øke kunnskap rundt risikofaktorer og utvikle effektive skadeforebyggende tiltak.

3.5 Teoretisk modell for idrettsskadeforskning

For å kunne forebygge skader er det i første omgang nødvendig å identifisere problemet, deretter finne årsakene, for til slutt å kunne forebygge de påvirkelige årsakene (figur 2). Van Mechelen og medarbeidere (1992) beskriver dette som en sirkel:



Figur 2. Modell for forskning på idrettsskader modifisert fra van Mechelen (1992).

3.6 Skadeforekomst

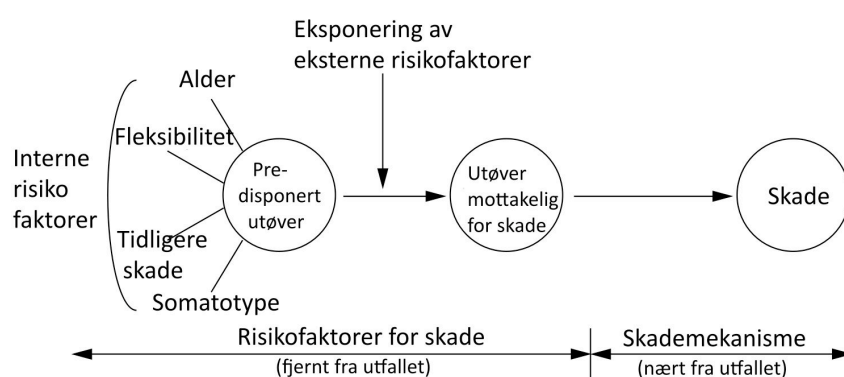
En skaderegistrering gjort av Junge og medarbeidere (2006) under Olympiske leker i Athen viser at håndball og fotball er de idrettene med høyest skadeforekomst. De fleste av skadene som oppstår i håndball er av liten alvorlighetsgrad. Hele 74-91% av skadene fører til fravær fra trening bare i en dag til fire uker (Neilsen og Yde 1988, Myklebust et al. 1997). Den store skadeforekomsten i håndball bekreftes også gjennom flere andre kartleggingsstudier (Nielsen og Yde 1988, Myklebust et al. 1997, Wedderkopp et al. 1997, Olsen et al. 2006). Disse studiene viser at de hyppigst skadde kroppsdelene er ankler og knær. Olsen og medarbeidere (2006) fant en skadeforekomst på 9,9 skader per 1000 kamptimer og 0,9 skader per 1000 treningstimer blant juniorhåndballspillere i sesongen 2001-2002. Av disse skadene var 79% akutte skader, mens 21% var belastningsskader. Kne og ankelskader sto for nærmere halvparten av alle skadene (Olsen et al. 2006).

I sin studie fra 1997 registrerte Myklebust og medarbeidere 93 korsbåndskader i løpet av to sesonger i de 3 øverste kvinnelige håndballdivisjonene i Norge. Av disse skadene var 87 på fremre korsbånd, mens 6 var på bakre korsbånd. Dette betyr at 1,8% av alle de kvinnelige utøverne og 1% av de mannlige utøverne pådro seg en fremre korsbåndsskade i løpet av de to sesongene. I eliteserien for kvinner oppstod en ACL-skade blant 4,5% av spillerene i løpet av registreringsperioden. Dette sier det samme som at alle kvinnelige eliteserielag i snitt mistet en spiller per sesong (Myklebust et al. 1997).

3.7 Årsaker til skade

Når etiologien bak idrettsskader studeres er det nødvendig med en dynamisk modell som tar høyde for den multifaktorielle bakgrunnen for den aktuelle skaden (Bahr og Holme 2003). En slik modell er beskrevet av Meeuwisse (figur 3). Denne modellen viser sammenhengen mellom indre og ytre risikofaktorer, samt selve skademekanismen. Å undersøke de ulike risikofaktorene separat, uten å kontrollere for andre faktorer, vil ikke gi et sant bilde av hvordan hver faktor påvirker skaden (Meeuwisse 1994). De indre risikofaktorene representerer spillerspesifikke faktorer som er til stede hos utøveren selv. Eksempler på dette er kjønn, alder og kroppssammensetning. Disse faktorene kan være nødvendige, men er ikke nødvendigvis tilstrekkelige for å føre til skade alene. De ytre risikofaktorene påvirker

utøveren fra utsiden og beskrives som aktiverende faktorer som gjør utøveren i stand til å bli skadet. Det er når både interne og eksterne faktorer er tilstedeværende at utøveren blir mottakelig for skade i gitte situasjoner. Meeuwisse beskriver til slutt den provoserende hendelsen som linken i kjeden som til slutt forårsaker skaden. Indre og ytre faktorer er som regel alene ikke tilstrekkelig. Den provoserende hendelsen, ofte kalt skademekanismen, er i tillegg avgjørende for om skaden oppstår (Meeuwisse 1994, Bahr og Holme 2003). Denne modellen er senere modifisert av Bahr og Krosshaug (2005) som mener at selve skademekanismen må tillegges enda større vekt.



Figur 3. Modifisert utgave av Meeuwisses multifaktorielle etiologimodell (1994).

Indre og ytre risikofaktorer kan også deles inn i modifiserbare og ikke-modifiserbare faktorer (Bahr og Holme 2003). Selv om ikke-modifiserbare faktorer som kjønn og alder kan være av interesse, er det spesielt viktig å få en oversikt over modifiserbare faktorer som potensielt kan påvirkes gjennom ulike intervensjoner som for eksempel styrke, nevro-muskulær kontroll og balanse (Bahr og Holme 2003).

Videre følger en presentasjon av skademekanismene som er identifisert ved ACL-skader. Dette etterfølges av en gjennomgang av risikofaktorene som potensielt kan være med å sette utøveren i en skadesituasjon.

3.8 Skademekanismen

For å forstå skademekanismen bak en korsbåndsskade er det nødvendig med en altomfattende modell, som tar høyde for hendelser i forkant av skaden (spillsituasjonen, spiller og motstanders oppførsel), i tillegg til å inkludere en beskrivelse av hele kroppen og det aktuelle leddets biomekanikk i skadeøyeblikket (Bahr og Krosshaug 2005).

3.8.1 Spillesituasjonen

De fleste studier som har registrert skadeforekomst i håndball har rapportert om størst forekomst blant ving og bakspillere (Strand et al. 1990, Myklebust et al. 1997, Wedderkopp et al. 1997). I Wedderkopp og medarbeidere (1997) sin registrering av alle typer skader oppstod 51% uten kontakt med motspiller. Av ACL-skadene i Myklebust og medarbeideres (1997) studie involverte 95% ikke kontakt mellom spillere, og 84% av skadene skjedde i situasjoner som spilleren selv kategoriserte som lite risikofyllt. De fleste var i kontakt med ballen og i høy fart da skaden oppstod. I følge Olsen og medarbeidere (2004) ble spilleren ofte forstyrret like i forkant av skadeøyeblikket, noe som satte spilleren i ubalanse.

3.8.2 Kroppen og leddets biomekanikk

Flere studier har forsøkt å identifisere bevegelsesmønsteret som potensielt setter kvinner i større skaderisiko sammenlignet med menn (Myklebust et al. 1997, Olsen et al. 2004, Griffin et al. 2006). Myklebust og medarbeidere (1997) observerte at de fleste skader av ACL oppstod i situasjoner hvor friksjonen mellom fot og gulv kan ha vært stor, som ved raske retningsskifter eller fintebevegelser. Dette støttes av Olsen og medarbeidere (2004) som ved å studere 20 videoer av ACL-skader i norsk kvinnehåndball fant at de mest vanlige skademekanismene var en fintebevegelse og ett bens landing etter hopp. Landing etter hopp er også identifisert som en viktig skademekanisme innen volleyball og basketball (Hewett et al. 2007, Boden et al. 2009). I sin oversiktsartikkel over skademekanismer for ACL-skader konkluderer Shimokochi og Shultz (2008) med at en skade som regel oppstår ved en leddbevegelse i multiple plan, ofte i forbindelse med en landing.

Sagittalplan

En av de mest omtalte skademekanismene for fremre korsbåndsruptur er Quadriceps drawer-teorien (Yu og Garret 2007). Det er foreslått at skaden inntreffer når utøveren utfører en finte eller lander på relativt strakt kne. I denne posisjonen vil en kraftig ekstensorkraft fra quadriceps og posterior reaksjonskraft fra underlaget føre til et økt ekstensjonsmoment i kneet og få tibia til å gli fremover i forhold til femur. Dette gir økt belastning på det fremre korsbåndet og vil til slutt føre til at det ryker. Olsen og medarbeidere (2004) rapporterte i sin analyse av 20 ACL- rupturer at alle skader skjedde ved 5-25 graders knefleksjon. Biomekaniske studier gjort på roboter viser også at belastningen på ACL er størst når kneet er flektert mindre enn 30 grader (Shimokochi og Shultz 2008). Enkelte forklarer denne teorien ut i fra quadriceps festepunkt og drakraft på tibia. I følge Nunley og medarbeidere (2003) er vinkelen mellom den infrapatellare tendon og den longitudinelle akselen av tibia størst ved svak knefleksjon. Dette stemmer med funnene til Isaac og medarbeidere (2005) og indikerer at den anteriøre skjæringskraften er størst når kneet er nærmere ekstendert stilling enn ved større grad av fleksjon. Ved fleksjon over 70 grader beveger skjæringskraften seg posteriørt (Isaac et al. 2005).

I sin videoanalyse av 29 ACL-skader fant Boden og medarbeidere (2009) at idrettsutøvere som pådro seg en ACL-skade landet lengre bak på foten og med større hoftefleksjon enn de 27 som ikke pådro seg en skade. Forfatterne diskuterer om denne strategien kan føre til mindre energiabsorbering i legg og hoftemuskulatur og dermed større belastning på passive strukturer i leddene. En strategi hvor hoften er mer flektert kan også gjøre at dynamiske hoftestabilisatorer ikke fungerer effektivt nok som stabilisator for femur. Denne studien er imidlertid svak metodisk, da den inneholder få deltagere og ikke opplyser om hvordan kontrollgruppen og sammenligningsgrunnlaget er plukket ut. Lephart og medarbeidere (2002) viste i sin laboriestudie at kvinnelige basket-, volley- og fotballspillere har en tendens til å lande i en strakere stilling enn menn. Dette gir en kraftigere energiabsorbering i de leddene som er nærmest bakken (ankler og knær) og kan, i følge Lephart og medarbeidere (2002), være en av årsakene til at kvinner er mer sårbare for ACL-skader. Teorien støttes av Huston og medarbeidere (2001) som fant signifikante forskjeller i knefleksjon mellom 20 kvinner og menn etter et fallhopp. Enkelte studier

har også vist at kvinner finter med mindre knefleksjon sammenlignet med menn (Ford et al. 2005¹, Hewett et al. 2005). Teorien støttes derimot ikke av Fagenbaum og Darling (2003) og McLean og medarbeidere (1999) som ikke finner forskjell i knefleksjon mellom kvinner og menn ved hopp eller finter. Det er derfor foreløpig ingen gjeldende konsensus på kjønnsforskjeller i landingsstrategi og finte.

Frontalplan

Hewett og medarbeidere (2005) viste at et landingsmønster med stor grad av valgus i kneet øker sjansen for ACL-ruptur. Dette kan være en av forklaringene bak hvorfor kvinner har høyere skadeinsidens enn menn, da det også er vist at kvinner har større valgusbevegelse i kneet under fintebevegelser og landing fra hopp (Ford et al. 2003, 2005¹²). Buchanan (2003) undersøkte 50 friske basketballspillere og fant at unge utøvere hadde en tendens til å lande med knærne i valgusstilling. Dette gjaldt både jenter og gutter før puberteten, men når de ble eldre var dette mønsteret fremtredene kun hos jenter. Boden og medarbeidere (2009) analyserte knevalgus i det øyeblikket foten nådde underlaget og fant ingen forskjell mellom skadete og uskadete utøvere. De så derimot at utøvere som røk korsbåndet hadde en tendens til å øke valgusvinkelen etter landingen sammenlignet med uskadete utøvere. Dette støtter opp om valgusbevegelse som en viktig del av skademekanismen, men det forteller oss ingen ting som valgusbevegelsen skjer i forkant av, eller etter at ACL ryker.

Transversalplan

Selv om valgusbelastning er vist å kunne settes i sammenheng med ACL-skade oppstår denne bevegelsen sjelden alene. Olsen og medarbeidere (2004) konkluderer i sin studie med at skademekanismen for en ACL-ruptur blant kvinnelige håndballspillere er en kraftig valguskollaps, med kneet nærmest fullt ekstendert kombinert med en utad- eller innadrotasjon av tibia. Dette støttes også av forskningsgrupper som har sett på biomekanikken under en ACL-skade i andre idretter (Shimokochi og Shultz 2008). En oversiktsartikkel over in vivo, in vitro og datasimulerte studier konkluderte med at belastningen på ACL øker mer ved innadrotasjon enn ved utadrotasjon når bevegelsene ble kombinert med quadricepskraft. Belastningen viste seg også å være nesten dobbelt så stort når innadrotasjon ble kombinert med valgusstress som når utadrotasjon ble kombinert

med likt valgusstress. Samme studie mener likevel ikke at vi kan avskrive utadrotasjon i kne som en skademekanisme, da dette kan føre til impingement av ACL mot den intercondylære notchen (Shimokochi og Shultz 2008).

3.9 Risikofaktorer for skade

3.9.1 Eksterne risikofaktorer

Spillenivå og spilleposisjon

Flere studier viser at ACL-skader forekommer hyppigere i eliteserien sammenlignet med lavere divisjoner (Strand et al. 1990, Myklebust et al. 1997). Det er i de tre øverste divisjonene i Norge registrert en samlet skadeprosent på 1,8, mens det i samme periode ble registrert at 4,5% av spillerne skadet seg i eliteserien (Myklebust et al. 1997). Det er også vist en vesentlig større skadeforekomst i kamp sammenlignet med trening. I Myklebust og medarbeidere (1997) sin skaderegistrering oppstod 75% av skadene i kampsituasjon. Ving og bakspillere er de spillerne som er mest utsatt for skader generelt og ACL-skader spesielt (Strand et al. 1990, Wedderkopp et al. 1997, Myklebust et al. 1997). Det er også disse spillerne som utfører flest finter og hopp.

Underlag

Strand og medarbeidere (1990) fant i sin studie på norske håndballspillere en større forekomst av skader på kunstdekke sammenlignet med parkett. Myklebust og medarbeidere klarte ikke å avdekke den samme sammenhengen i sin studie fra 1997. Dette skyldes trolig et for lite utvalg og for få skader til å se en statistisk sammenheng. Olsen og medarbeidere (2003) inkluderte tall fra overnevnte studie, samt fra tre andre studier (Myklebust et al. 1997, 1998, 2003) og fant en signifikant større forekomst av ACL-skader blant norske håndballspillere på kunstdekke sammenlignet med parkett. Denne forskjellen var imidlertid kun gjeldende hos kvinner og ikke hos menn. Studien kunne bare analysere ACL-skader som skjedde i seriekamper da det var kun der det forelå nøyaktige data på underlaget. Alle skader som skjedde på trening, i turneringer etc. kunne ikke tas med i analysene i studien. Det er derfor mulig at den reelle forskjellen kan være enda større enn det som vises her. Disse studiene avdekker underlaget som en mulig risikofaktor for kneskader. En kan tenke seg at økt friksjon mellom fot og underlag kan være en direkte årsak til

skade, men også indirekte ved at kvinner og menn har ulikt bevegelsesmønster eller at interne faktorer som nedsatt nevrologisk kontroll og biomekaniske forhold forårsaker ACL-skaden på de ulike banedekkerne. På bakgrunn av denne kunnskapen kan en konkludere med at banedekke er en modifiserbar faktor som bør tas hensyn til i det forebyggende arbeidet. Det er likevel viktig å ta i betraktning at forskningen på dette området er forholdsvis gammel, og mye er gjort for å endre på banedekket etter den tid. De nye kunstdekkene som nå legges i hallene regnes ikke for å være like farlige som de gamle (Grethe Myklebust, muntlig meddelelse).

3.9.2 Interne risikofaktorer

Interne risikofaktorer referer til ulikheter i kjønn og alder, samt ulike egenskaper som styrke, nevrologisk kontroll, balanse, teknikk og anatomisk oppbygning (Bahr og Krosshaug 2005).

Kjønn, alder og tidligere skade

Flere studier viser en signifikant høyere forekomst av ACL-skader blant kvinnelige utøvere (Myklebust et al. 1997, Strand et al 1990). I Myklebust og medarbeidere sin studie fra 1997 er skaderisikoen opptil fem ganger høyere hos kvinner sammenlignet med menn.

Studier som undersøker skadeforekomst i ulike aldersgrupper viser sprikende funn (Murphy et al. 2003). Leereims (1999) oversikt over idrettsskader i Norge viser at den største prosentandelen av skader innen håndball skjer i 13-24 årsalderen. Strand og medarbeidere (1990) viste også at 35% av ACL-skadene skjedde i aldersgruppen 15-19 år, mens 25% oppstod i 20-24 årsalderen. Dette trenger nødvendigvis ikke å bety at det er større risiko for skader i ung alder. Tallene kan være et resultat av at det er vesentlig flere som spiller håndball i denne aldersgruppen.

I studien til Nielsen og Yde (1988) rapporteres det at 32% av de skadede spillerne hadde en skade av samme type i løpet av det siste året før den aktuelle skaden. Samme resultat vises også i Wedderkopp og medarbeidere (1997) sin studie. De to overnevnte studiene sier ingen ting om skadelokalisasjon, og det er derfor vanskelig å konkludere med at tidligere skade er en risikofaktor for nye skader i underekstremitetene. Myklebust og medarbeidere (2003) finner heller ikke signifikant

sammenheng mellom tidligere skade og ACL-skader. Faude og medarbeidere (2006) fant derimot en signifikant økt risiko for ny ACL-skade hos tyske kvinnelige elitespillere i fotball med en tidligere ACL-ruptur.

Hormonelle variasjoner

Flere forskere har undersøkt om kvinner er mer utsatt for skader i enkelte faser av menstruasjonssyklus med hensyn til hormonell påvirkning av ligamentene (Myklebust et al. 1998, Wojtys et al. 2002). Myklebust og medarbeidere (1998) fant at det oppstod flere skader rundt dag 1-7 i syklusen. Andre har funnet at flest skader oppstår i andre faser av menstruasjonssyklus (Wojtys et al. 2002). Resultatene er derfor sprikende, og begge studiene er basert på forholdsvis små utvalg. Det er av den grunn vanskelig å konkludere ut i fra disse resultatene. Enkelte har prøvd å påvise at laksiteten i leddbåndene forandrer seg under menstruasjonssyklusen (Rozzi et al. 1999, Barene 1997). Disse studiene bærer også preg av små utvalg og ikke tilstrekkelig valide målemetoder. Det er derfor ikke sterk nok evidens til å konkludere med at risiko for skade øker under ulike faser i menstruasjonssyklusen hos kvinnelige utøvere.

Anatomiske variasjoner

Underekstremitetens anatomiske oppbygning og dens relasjon til ACL-skader er hyppig diskutert. Det er foreslått at kvinners ACL blir utsatt for en større belastning enn menn på grunn av et bredere bekken, forøket valgusstilling i kneleddet og økt Q-vinkel. (Griffin et al. 2000 og 2006, Hewett 2000). Flere har også undersøkt sammenhengen mellom intercondylær notch-bredde og ACL-skade (Souryal og Freeman 1993, Arendt 2001). Souryal og Freeman (1993) undersøkte denne sammenhengen på 902 idrettsutøvere ved amerikanske videregående skoler. Resultatene antydte at personer med smal notch hadde en større risiko for å pådra seg skade. Teorien bak dette er at en smalere notch fører til en avklemning som sliter av korsbåndet (Arendt 2001). Det mangler likevel gode studier som bekrefter denne sammenhengen, noe som kan ha sammenheng med vanskeligheten med standardiserte målinger av notch-bredden.

Flere studier har foreslått en link mellom stor grad av statisk målt subtalar pronasjon og akutte skader av fremre korsbånd. Beckett og medarbeidere (1992) fant at 50 personer med en korsbåndskade hadde signifikant større pronasjon enn 50 matchede kontroller uten skade. Dette støttes også av funnene til Allen og Glasoe (2000) og Hertel og medarbeidere (2004). Smith og medarbeidere (1997) og Jenkins og medarbeidere (2007) fant imidlertid ikke samme sammenheng i sine studier som sammenlignet henholdsvis 14 og 16 deltakere opp mot en kontrollgruppe. Det er derfor sprikende funn og vanskelig å konkludere med at økt pronasjon er en faktor som øker risikoen for ACL-skade.

Det er også antydning at størrelsen på korsbåndet i seg selv kan predikere skade, og at korsbåndets mekaniske kvalitet er forskjellig hos kvinner og menn (Chandrashekar et al. 2009). Resultatene her er noe sprikende, og ytterligere studier er nødvendig for å bekrefte denne sammenhengen. Ingen studier har sett på denne relasjonen spesielt hos håndballspillere.

I en studie med kvinnelige rekrutter i militæret fant Uhorchak og medarbeidere (2003) en sammenheng mellom høyde, vekt og BMI og ACL-skade. Forfatterne rapporterte at kvinner med en vekt eller BMI ett standard avvik over gjennomsnittet hadde 3,2 og 3,5 ganger større risiko for å pådra seg en ACL-skade.

Selv om det er viktig å ha oversikt over mulige anatomiske faktorer som kan bidra til skade er ikke disse faktorene modifiserbare og derfor vanskelig å påvirke gjennom en intervensjon. Økt kunnskap rundt strukturelle anatomiske risikofaktorer kan likevel bidra til å identifisere utøvere med større risiko for skade. Råd og veiledning kan eventuelt være med på å redusere belastningen på ACL hos disse utøverne.

Muskulære variasjoner

Styrke

Styrke i hofteabduktorer er av flere forfattere satt i sammenheng med god knekontroll (Jacobs et al. 2007, Russel et al. 2006, Willson et al. 2006). Jacobs og medarbeidere (2007) viste i sin studie av 30 forsøkspersoner at kvinner landet med en større knevalgus og viste mindre maksimal isokinetisk kraft i hofteabduktorer sammenlignet

med menn. Det ble også sett en moderat sammenheng mellom valgusvinkel og hoftestyrke innad i kvinnegruppen. Willson og medarbeidere (2006) fant i sin studie en svak korrelasjon mellom isokinetisk kraft i hofteabduktorer og valgusbevegelse ved en to dimensjonal analyse av et ettbens knebøy. Dette forklares ved at økt knebevegelse i frontalplan kan være et sekundært resultat av en adduksjonsbevegelse i hofteleddet. Claiborne og medarbeidere (2006) viser i sin studie av 15 menn og 15 kvinner at individer med større konsentrisk styrke i hofteabduksjon, knefleksjon og kneekstensjon viser mindre valgusbevegelse i frontalplan ved ettbens knebøy. Dette forklares ut i fra en teori om at styrke i hofteabduktorer, quadriceps og hamstrings kan spille en signifikant rolle i å kontrollere bevegelser i frontalplan ved ettbens knebøy. Under et ettbens knebøy kan hofteabduktor-muskulaturen fungere som en stabilisator for femur og dermed redusere hofteadduksjonen og redusere valgusbevegelse i kneet. I tillegg kan quadriceps og hamstrings kokontraksjon bidra til økt leddstivhet. Flere studier har også vist at utøvere som er sterkere i abduktorer og utoverrotatorer i hoften er mindre utsatt for akutte- og belastningsskader i knær (Ireland et al. 2003, Leetun et al. 2004). Denne sammenhengen er derimot ikke sett direkte opp i mot ACL-skader.

En kraftig kontraksjon av quadriceps er ansett å være en av de største kreftene som produserer anteriøre glidningskrefter av tibia i forhold til femur (Shimokotchi og Shultz 2008). Quadriceps-dominant kontraksjon under landing og finter er derfor undersøkt som en mulig risikofaktor for ACL-skade ved flere laboratoriestudier (Huston et al. 2001, Lephart et al. 2002). Studiene rapporterer om mindre aktivitet i hamstringsmuskulaturen sammenlignet med quadriceps i denne type bevegelser og antyder at dette kan være en risikofaktor for at tibia glir fram og belastningen på ACL øker. I følge DeMorat og medarbeidere (2004) produserer en kraftig quadricepskontraksjon også noen grader innadrotasjon og valgusmoment mellom femur og tibia, i tillegg til anterior tibiaintraslasjon. Kraftig kontraksjon av quadriceps kan dermed påvirke ACL i mer enn ett plan. Teoretisk skal hamstringsmuskulaturen jobbe i synergi med ACL og motvirke fremoverglidning av tibia (Olsen et al. 2005). Det er derfor foreslått at nedsatt styrke i denne muskulaturen, eller nedsatt relativ styrke i underekstremitetene kan være en risiko for skade (Hewett 1999, Arendt et al. 1999, Lephart et al. 2002). Simonsen og medarbeidere (2000) fant derimot at selv ved maksimal kontraksjon av hamstrings er evnen til å redusere belastningen på ACL minimal under en fintebevegelse gjort av godt trente håndballspillere. Andre studier

har vist at hamstrings beskyttende funksjon øker ved økt knefleksjon, mens den blir mindre ved mer strakt kne (Shimokochi og Shultz 2008). Boden og medarbeidere (2000) observerte i sin studie at det skadete benet ofte var plassert foran overkroppen, for eksempel ved kraftig bremsing etter løp. I denne posisjonen må utøveren produsere en stor quadricepskraft for å stoppe benet i fremoverbevegelsen. I tillegg er hoften ekstendert, noe som plasserer hamstrings i en forkortet posisjon og gir mindre stabilisering til kneet under den kraftige bevegelsen (Shimokochi og Shultz 2008).

Studier har vist forskjeller i styrke og quadriceps-hamstrings ratio mellom kvinner og menn (Lephart et al. 2002), men det er foreløpig ingen studier som har vist en direkte sammenheng mellom dette og kneskader i lagidrett. Mer forskning er derfor nødvendig, da dette er faktorer som eventuelt kan modifiseres gjennom en treningsintervensjon.

Balanse og nevromuskulær kontroll

Det er foreslått at nedsatt dynamisk knestabilitet kan være årsaken den høye forekomsten av kneskader hos kvinner (Hewett et al. 2001, 2005). Hewett og medarbeidere (2001) mener at dette hovedsakelig skyldes tre faktorer. Den første er at kvinner er mer ligament dominant. Dette skyldes at muskulaturen i underekstremiteten absorberer for lite energi, noe som gjør at mer energi absorberes gjennom ligamentene og at belastningen på disse øker. Det andre er at kvinner er mer quadriceps-dominant ved at det er ubalanse mellom fleksjons- og ekstensjonsmuskulatur i kneet. Den siste faktoren er at det er en ubalanse i styrke mellom høyre og venstre ben med et dominant ben som viser bedre dynamisk kontroll. Dette gjør det ene benet mer disponert for skade under idrettsaktiviteter (Hewett et al. 2001). Disse teoriene er derimot ikke bekreftet gjennom studier som ser på direkte sammenhenger mellom risikofaktorer og skade hos håndballspillere. Det er derimot vist at skadeforekomsten både blant fotballspillere og håndballspillere kan reduseres gjennom en nevromuskulær treningsintervensjon (Caraffa et al. 1996, Hewett 1999, Myklebust et al. 2003¹).

Det har i det siste blitt foreslått at dårlig nevromuskulær kontroll av truncus kan predikere kneskade (Zazulak et al. 2007). Dette støttes av Willson og medarbeidere (2006) som så en sammenheng mellom valgisering under et ettbens knebøy og kraft i

nedre truncus-muskulatur hos kvinner sammenlignet med menn. I følge Zazulak og medarbeidere (2007) kan nedsatt proprioceptiv funksjon og kontroll av kroppens kjerne ("core") føre til nedsatt aktiv nevro-muskulær kontroll av underekstremitetene, som igjen kan bidra til valgusstilling og økt stress på ligamentene i kneet. Da vi vet at det er mindre skader av denne typen i idretter som dans og isdans som har stort fokus på balanse og stabilitet kunne det vært interessant å se nærmere på denne sammenhengen også innen ballidretter (Griffin et al. 2006).

Hrysomallis (2007) viste i sin oversiktsartikkel at fem av ni prospektive studier fant at dårlig balanse var signifikant relatert til antall ligamentskader i ankel. Flere studier har undersøkt utøveres balanse i tilknytning til generell skaderisiko (Hrysomallis 2007), men ingen gode studier har undersøkt dette spesifikt i forhold til ligamentskader i kneet.

3.10 Skadeforebyggende tiltak

Forebygging er det endelige målet innen all epidemiologisk forskning på skader. Så snart det er vist at skadeforekomsten er betydelig og risikofaktorene er avdekket er det naturlig å teste modifisering av risikofaktorer gjennom en intervensjon (van Mechelen 1992).

Wedderkopp og medarbeidere (1999) viste en signifikant reduksjon av både akutte og belastningsskader etter et treningsprogram som bestod av trening på balansebrett samt funksjonell styrketrening. Intervensjonsgruppen ble sammenlignet med en ren kontrollgruppe som trente som før. Denne studien viste imidlertid ikke om det var balansebrett-treningen eller styrken som hadde den forebyggende effekten, og den samme gruppen gjorde derfor en ny studie for å prøve å skille dette (Wedderkopp et al. 2003). Den nye studien bestod av 163 spillere på ungdomsnivå som ble clusterrandomisert i to grupper. Intervensjonsgruppe 1 utførte et treningsprogram som tilsvarte det som ble gjort i den første studien, mens intervensjonsgruppe 2 kun trente funksjonell styrke. Studien viste et signifikant lavere antall skader totalt i intervensjonsgruppe 1, men studien kunne ikke påvise reduksjon av enkelte typer skader som ankler eller knær.

Myklebust og medarbeidere (2003¹) utførte en studie som tok sikte på å undersøke effekten av et nevro-muskulært treningsprogram på forekomsten av ACL-skader blant kvinnelige håndballspillere. Studien var designet som en prospektiv kohortstudie med en kontrollsesong i forkant av intervensjonen. Det forebyggende programmet bestod av 3 ulike sett med øvelser på balansepute og brett, og hvert sett hadde 5 vanskelighetsgrader fra lett til utfordrende. Lagene ble bedt om å gjennomføre programmet 3 ganger i uken i 5-7 uker, deretter 1 gang i uken under resten av sesongen. Hver økt varte i ca. 15 min og utøverne ble oppfordret til å fokusere på kvaliteten i bevegelsen med knær over tær som hovedfokus. Etter første intervensjonssesong var avsluttet var det en trend mot lavere skadeforekomst sammenlignet med kontrollsesongen, men resultatene var likevel ikke signifikante. En registrering av hvor mange som utførte intervensjonen viste at compliancen blant alle lagene bare var på 26%, noe som må betraktes som relativt lavt. I eliteserien var compliancen på 42%. Sammenlignes skadeforekomsten blant de som gjennomførte intervensjonen mot de som ikke gjorde det er reduksjonen av skader signifikante i eliteserien. Etter første sesong ble intervensjonen modifisert og øvelsene ble gjort mer håndballspesifikke. Compliancen gikk da opp og skadeforekomsten ned. Etter endt intervensjon var forekomsten av korsbåndskader mer enn halvert i den øverste divisjonen. Studien konkluderer derfor med at nevro-muskulær trening kan forebygge skader, men at dette forutsetter god compliance blant utøverne (Myklebust et al. 2003¹).

Parallelt med denne studien ble det gjennomført en prospektiv intervensjonsstudie med 35 av de samme deltakerne (Holm et al. 2004). Denne studien undersøkte effekten av Myklebusts intervensjon på parametrene styrke, balanse, proprioepsjon og knefunksjon. Resultatene viste at deltakerne fikk en signifikant bedring i dynamisk balanse, men viste ingen forskjell på de andre utfallsmålene.

Petersen og medarbeidere (2005) klarte ikke å vise til like gode resultater i sin casekontroll-studie med en intervensjon forholdsvis lik den vi så i Myklebust og medarbeidere (2003¹) sin studie. Skadeforekomsten var mindre i intervensjonsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen, men resultatene var ikke signifikante. Denne studien var dog gjennomført i lavere divisjoner med et lite utvalg og skadeforekomsten totalt var relativt lav. Dette kan ha ført til at studien hadde for

liten statistisk styrke til å vise at intervensjonen hadde effekt. Det er også viktig å merke seg at Petersen og medarbeidere (2005) brukte en annen definisjon på skader enn Wedderkopp og medarbeidere (1999, 2003). Mens Petersen og medarbeidere (2005) kun registrerte skader som førte til fravær fra trening eller kamp registrerte Wedderkopp og medarbeidere (1999, 2003) også alle skader som kun førte til at utøveren spilte med ubehag. Dette kan forklare noe av forskjellene i resultatene mellom disse studiene.

Olsen og medarbeidere (2005) undersøkte effekten av et strukturert oppvarmingsprogram designet for å redusere insidensen av kne- og ankelskader blant unge håndballspillere gjennom en clusterrandomisert intervensjonsstudie. Hele 1837 utøvere deltok i studien og intervensjonen tok sikte på å øke bevisstheten rundt kne- og ankelkontroll ved å forbedre løp, finte og landeteknikk, samt nevromuskulær kontroll, balanse og styrke. Øvelsene var delt inn i 4 ulike sett med økende vanskelighetsgrad. Klubbene i intervensjonsgruppen fikk utdelt balansebrett og balansematter, og trenerne ble bedt om å utføre programmet i begynnelsen av hver trening i 15 treninger, for så en gang i uken gjennom sesongen. Programmet inneholdt idrettsspesifikke øvelser med ball inkludert bruk av balansebrett og balansematte for oppvarming, teknikktraining, balanse og styrke. Spillerne ble oppfordret til å ha fokus på kvaliteten på øvelsene som i studien til Myklebust og medarbeidere (2003¹). Dette innebærer rette linjer i kroppen med hovedfokus på knær over tær. Hver økt tok ca 15-20 min. Etter endt intervensjon var forekomsten av kne- og ankelskader så godt som halvert sammenlignet med kontrollgruppen. Forekomsten av ACL-skader var 80% mindre blant de som hadde gjennomført oppvarmingsprogrammet sammenlignet med kontrollene.

For å kunne bevise et årsaks-virkningsforhold trengs flere gode studier som viser samme resultat. Gjennomgangen av studier som omhandler forebygging innen håndball viser at det kun er gjennomført én RCT-studie med tilstrekkelig stort utvalg og compliance (Olsen et al. 2005). Alle studiene gjort på området har imidlertid vist positive resultater, noe som sterkt indikerer at forebygging av håndballskader er mulig. Det som imidlertid er dårlig dokumentert er hvilke faktorer som er viktige å fokusere på i det forebyggende arbeidet. De fleste studier som har undersøkt forebygging har hovedfokus på økt nevromuskulær kontroll ved bruk av øvelser på

ujevnt underlag. Det teoretiske rasjonalet for dette er hentet fra gode resultater i studier fra andre idretter (Caraffa et al. 1996). I tillegg vektlegges teknikktraining og forebygging i form av innlæring av bevegelsesmønster som reduserer belastningen på kneleddet. Selv om det er vist at bestemte bevegelser kan settes i relasjon til skade, gjenstår det fortsatt mye arbeid for å forstå disse mekanismene (Krosshaug 2006). Studiene viser at kombinasjonen nevro-muskulær trening og modifisering av bevegelsesmønster virker skadeforebyggende, men det hadde også vært interessant å se resultater hvor andre faktorer kombineres.

3.11 Hvordan plukke ut spillere med stor skaderisiko?

Resultater fra Myklebust og medarbeidere (2003¹) avdekker et problem med å få utøvere og støtteapparat til å følge opp en forebyggende intervensjon. Årsaker til dårlig compliance kan være mange. Tidsbruk, dårlig motivasjon og at utøveren ikke forstår hensikten med treningen kan være noen av dem. Ingen skadeforebygging har effekt hvis det ikke gjennomføres, og tiltak for å heve compliance blant utøvere som står i faresonen for skade er derfor nødvendig. Hvis vi kan utvikle metoder som identifiserer utøvere som har større risiko for å bli skadet, kan vi plukke ut spillere og tilrettelegge den forebyggende treningen for denne gruppen. Dette vil bli tidsbesparende for hele laget. I tillegg identifiserer vi en målgruppe som forhåpentligvis vil se personlige fordeler med å forebygge og dermed bli mer motivert for treningsintervensjonen.

I det forebyggende arbeidet er det spesielt viktig å ha fokus på de modifiserbare risikofaktorene som kan påvirkes gjennom en intervensjon. Som nevnt tidligere er økt valgusbevegelse under finter og hopp identifisert som en del av skademekanismen bak en ACL-ruptur (Hewett et al. 2005, Krosshaug et al. 2007). Det er derfor foreslått at preventive treningsprogrammer bør fokusere på å redusere denne bevegelsesmekanismen og bedre knekontrollen.

I følge Hewett og medarbeidere (2005) kan et tobens fallhopp avdekke dårlig knekontroll. Dette støttes av Stensrud (2008) som i sitt arbeid konkluderer med at tobens fallhopp og ettbens knebøy skiller godt til svært godt mellom håndballspillere med god og dårlig knekontroll. Ettbens knebøy er også benyttet som et klinisk mål på knekontroll i flere andre studier (Claiborne et al. 2006, Willson et al. 2006, Zeller et

al. 2003). Denne testen er bedre for å skille mellom de to bena, noe som er relevant da vi vet at en stor del av ACL-skadene skjer ved ettbens landing eller finte på ett ben (Shimokotchi og Shultz 2008, Olsen et al. 2006).

Kort oppsummert er det i dag ikke nok bevis som støtter at de preventive tiltakene satt i gang for å forebygge skader i håndball bedrer det som trolig er de største risikofaktorene for skade. Selv om studiene viser gode resultater på forebygging av skader er det mulig at resultatet kunne vært enda bedre hvis kunnskap rundt risikofaktorer og ulike deler av skademekanismen var bedre kjent.

4. Metode

4.1 Studiedesign

Denne oppgaven er en del av en større prospektiv kohortstudie som har til hensikt å kartlegge risikofaktorer for fremre korsbåndskader blant kvinnelige håndballspillere. Alle lag i eliteserien samt det norske landslaget i håndball var sommeren 2007 en hel dag på Norges Idrettshøgskole. Spillerne ble delt inn i grupper med 2 spillere som forflyttet seg sammen mellom 8 ulike teststasjoner. Testene bestod av ulike styrke, balanse og biomekaniske målinger. Videre følger en grundigere beskrivelse av testene som ble benyttet i analysene i denne oppgaven.

4.2 Utvalg

Testpersonene inkludert i denne studien er 186 kvinnelige håndballspillere fra den norske eliteserien i handball, samt Norges landslag. I forkant av studien kontaktet vi Norges Håndballforbund (NHF) og sendte ut brev med informasjon om prosjektet til alle klubbene (vedlegg 1). Lagets trenere ble deretter kontaktet på telefon for å bekrefte deltagelsen. Skadde spillere som ikke var i stand til å delta på vanlig trening ble ekskludert fra studien.

Tabell 1. Studiens utvalg (n=186) med gjennomsnittlig alder, høyde og vekt oppgitt med ett standardavvik (SD).

Totalt antall	186
Alder (år)	21,9 (4,0)
Høyde (cm)	173,4 (6,4)
Vekt (kg)	68,9 (7,3)

4.3 Målemetoder

4.3.1 Antropometriske data

Alder og høyde er i denne oppgaven angitt av utøveren selv. Vekten er målt på balanseplattformen Good Balance 2000 (Metitur, Jyväskylä, Finland).

4.3.2 Funksjonelle tester

I forkant av de to funksjonelle testene ettbens knebøy og tobens fallhopp ble utøveren bedt om å kle seg i en kort shorts, treningstopp og egne håndballsko. For enklere å kunne analysere kinematikken i underekstremiteten ble biter av hvit sportstape festet på utøverens spina iliaca anterior superior og tuberossitas tibiae. Testingen ble innledet med et generelt oppvarmingsprogram som bestod av 8x2 knebøy, 5x2 spensthopp og tøyning av leggmuskulatur med strakt og bøyd kne.

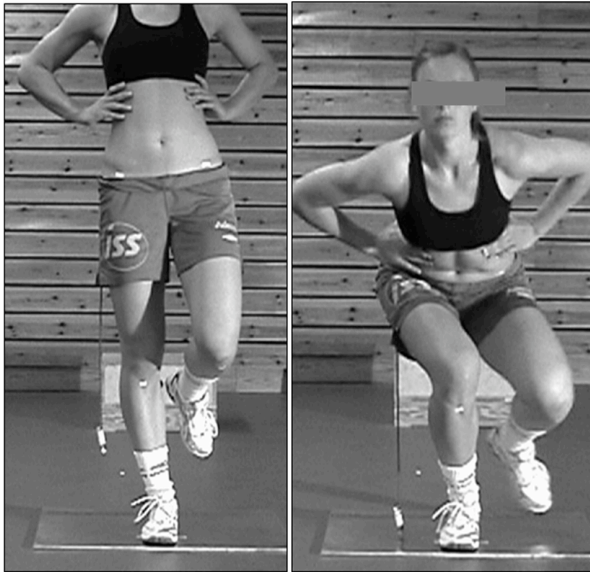
Ettbens knebøy (EKB)

For å sikre at alle spillerne utførte like dype EKB ble utøveren bedt om å ta en tobens knebøy hvor 90° i kneleddet ble målt med et goniometer (GYMNA, Germany). I denne posisjonen ble et snøre med en liten metallgjenstand i enden festet på utøverens lår. På denne måten kunne utøveren høre når ønsket stilling i kneet (90°) var nådd under testen (figur 4).



Figur 4. Forberedelse til EKB-test

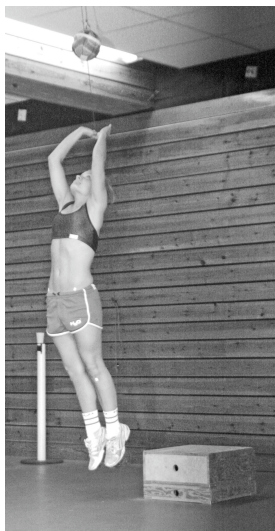
Utøveren ble deretter instruert i å stå på ett ben, holde hendene i midjen, ha fokus rett frem og bøye ned til 90° fleksjon i kneleddet var oppnådd (figur 5). Forsøket ble ikke kjent gyldig dersom utøveren holdt det andre benet foran eller til siden for kroppen under øvelsen. Forsøket var også ugyldig dersom benet berørte bakken eller utøveren falt, samt hvis hendene ikke ble holdt i midjen eller at utøveren så ned. Hver deltaker utførte tre ettbens knebøy på hvert ben.



Figur 5. Ettbens knebøy

Tobens fallhopp (TBFH)

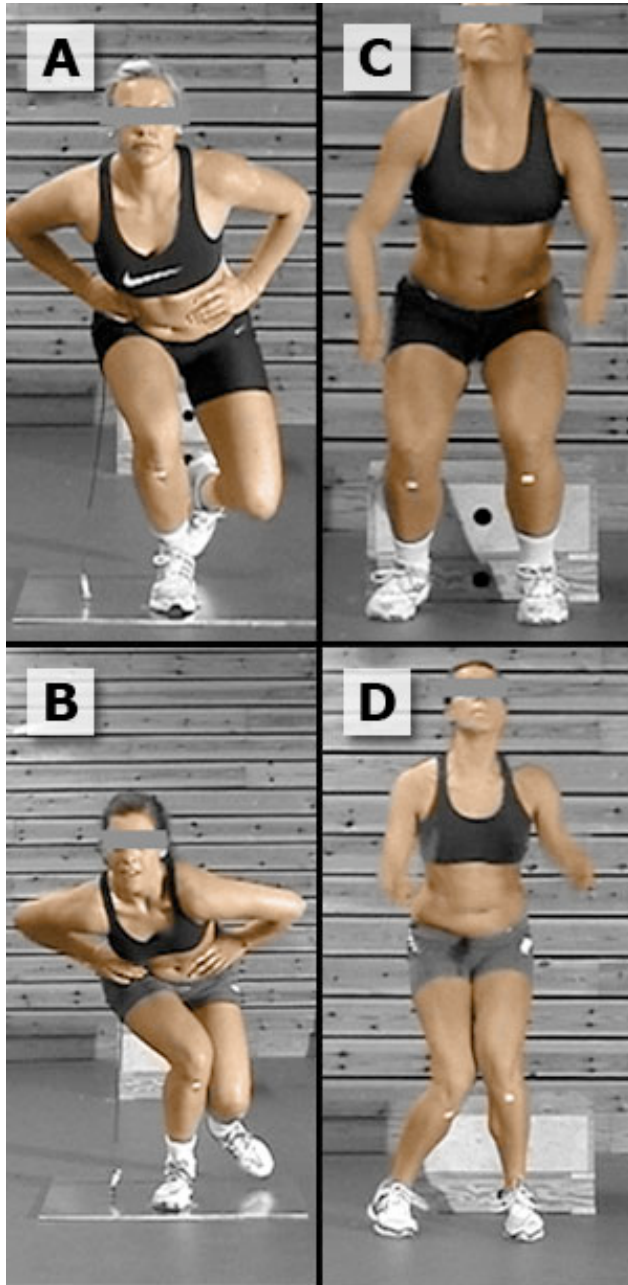
Et tobens fallhopp ble utført på samme måte som beskrevet av Hewett og medarbeidere (2005). Spilleren startet stående på en 30 cm høy boks med bena plassert 30cm fra hverandre. De ble deretter instruert i å droppe ned fra boksen, for så å hoppe rett opp så høyt de klarte for å nå en ball 260 cm over bakken (figur 6). Forsøket ble ikke kjent gyldig dersom spilleren tok etter ballen kun med en hånd eller mistet balansen og falt under forsøket.



Figur 6. Tobens fallhopp

Subjektiv vurdering

De to funksjonelle testene ble observert av en fysioterapeut i tillegg til å bli filmet. Utførelsen ble vurdert subjektivt ved bruk av en skala fra 0-2 etter grad av stabilitet og kontroll av hofte og kneledd (figur 7). 0 tilsier ”god utførelse”, 1 ”reduisert utførelse” og 2 ”dårlig utførelse” av testen (Stensrud 2008). Den samme fysioterapeuten vurderte alle spillerne.



Figur 7. Illustrasjon av bra (a,c) og dårlig (b,d) knekontroll ved ettbens knebøy og tobens fallhopp.

God kontroll

Scoren 0 ble gitt hvis spilleren viste god kontroll over kne og hofte. Det vil si det samme som ingen tydelig lateral tilt av bekken, ingen tydelig valgus bevegelse i kne eller lateral/madial skjelving under utførelsen av de to testene (fig.7 a,c).

Redusert kontroll

Scoren 1 ble gitt dersom spilleren viste redusert kontroll over kne og hofte. Det vil si det samme som noe lateral tilt av bekken, lett valgusstilling av kne og/eller noe medial/lateral skjelving under utførelsen av de to testene.

Dårlig kontroll

Scoren 2 ble gitt dersom spilleren viste dårlig kontroll over kne og hofte. Det vil si det samme som lateral tilting av bekken, tydelig valgusstilling av kne og/eller medial/lateral skjelving under utførelsen av de to testene (fig.7 b,d).

4.3.3 Styrke og balanse tester

Isometrisk hoftestyrke

Ved testing av hofteabduktorstyrke fikk hver utøver to maksimale forsøk med 10-15 sekunder hvile mellom forsøkene. Muskelkraften ble registrert ved bruk av et håndholdt dynamometer som viste utfallet i kilogram (Hydraulic Push-Pull Dynamometer, Baseline Evaluation Instruments, White Plains, New York, USA). Vi utførte testen med utøveren liggende på ryggen på en benk med armene i kryss over brystet. Utøveren utførte en maksimal muskelkontraksjon i hofteabduksjon mot dynamometeret som ble holdt av undersøkeren. Motstanden ble gitt 2 cm proksimalt for laterale malleol på fibula og muskelkontraksjonen holdt i to sekunder som ble registrert av dynamometeret (figur 8). Den høyeste scoren som ble oppnådd på de to forsøkene ble brukt i videre analyser. Den samme testereren målte styrken på alle utøverne i dette prosjektet.



Figur 8. Testing av isometrisk hoftestyrke.

Isokinetisk quadriceps- og hamstringstyrke

Begge ben ble testet for isokinetisk konsentrisk quadriceps- og hamstringstyrke i en Technogym REV 9000 (Gambettola, Italia) etter en protokoll som også er brukt av Raastad og Hallèn (2002). Etter 5 minutter oppvarming på sykkel fikk deltakeren 4 oppvarmingsrunder før 3 maksimale quadriceps- og hamstringkontraksjoner ble utført. Posisjon på dynamometeret, innstilling på setet og vektarm ble registrert for å forsikre testens reproduserbarhet. Vi benyttet belter for å minimalisere medbevegelse av trunkus og hofter, og armer ble holdt i kryss over brystet (figur 9). Styrken ble registrert som maksimalt kraftmoment under forsøket, og den beste utførelsen av tre mulige ble benyttet i dataanalysene.



Figur 9. Testing av isokinetisk quadriceps- og hamstringstyrke.

Styrke i kne- og hofteekstensorer

Vi benyttet et benpress-apparat til å måle styrke i kne- og hofteekstensjon (no name). Etter oppvarming på sykkel ble den maksimale styrken målt ved å gradvis øke belastningen helt til et godkjent løft ikke kunne utføres. Apparatet ble stilt inn slik at knærne var flektert i 90 grader. Utøveren startet med strake ben. 1RM blir i denne oppgaven definert som siste godkjente løft før et påfølgende underkjent løft (figur 10). Forsøket ble underkjent dersom deltakeren ikke klarte å løfte høyt nok eller å gå dypt nok ned i apparatet.



Figur 10. Styrke i kne- og hofteekstensorer i et benpress-apparat.

Balanse

For måling av balanse benyttet vi et databasert system kalt Good Balance (Metitur, Jyväskylä, Finland). Dette systemet består av en likesidet trekantet kraftplattform (80cm). Målingene er basert på registrering og analyse av vertikale krefter som testpersonen produserer. Disse kreftene blir overført til underlaget og registrert av transducere som er festet på plattformens tre hjørner. På basis av disse vertikale kraftsignalene kalkulerer systemet X (mediolateral) og Y (anterioposteriør) koordinater for hvordan center of pressure (COP) påvirker plattformen når utøveren står på den.

På basis av disse koordinatverdiene for X og Y blir følgende parameter kalkulert: 1. Gjennomsnittlig fart for COP i anterioposteriør retning (mm/sek) 2. Gjennomsnittlig fart av bevegelsen av COP i mediolateral retning (mm/sek). 3. Gjennomsnittlig kraftmoment (mm^2/sek). Denne målingen tar hensyn til hvor stort areal COP beveger seg innenfor og hvor raskt.

I dette prosjektet ble utøverens balanse testet på to ulike måter. På den første testen ønsket vi å kartlegge utøverens statiske balanse. Hver utøver ble testet på balanseplattformen stående på ett ben på en airex-matte i 20 sekunder. Det ble gjort tre registreringer på hvert ben. Denne målingen ble justert etter testpersonens selvoppgitte høyde (figur 11).

I tillegg testet vi deltakernes dynamiske balanse ved at deltakerne ble bedt om å flytte tyngdepunktet sitt i et gitt mønster på en dataskjerm. Ut i fra utøverens bevegelseskvalitet måles evne til presisjon og tid brukt for å nå et gitt mål.



Figur 11. Test av dynamisk balanse.

4.4 Reliabilitet og validitet på de subjektive testene

I sin masteroppgave viste Stensrud (2008) at subjektive vurderinger av utførelsen av ettbens knebøy og tobens fallhopp samsvarer godt med 2D analyser gjort på video (EKB høyre $r=0,65$, EKB venstre $r=0,62$ og TBFH $r=0,64$ ($p<.001$)). I følge Stensrud (2008) diskriminerer utførelsen av et ettbens knebøy og tobens fallhopp godt til særdeles godt mellom utøvere med god og dårlig knekontroll.

For å undersøke test-retest reliabilitet utførte 18 spillere testene to ganger. Dette ble gjort på samme testdag som dagens første og siste teststasjon. Resultatene viste god til veldig god enighet mellom første og andre tobens fallhopp med en kappaverdi på 0.71 ($p<0.001$). Ved ettbens knebøy ble det funnet en kappaverdi på 0,43 høyre side og 0,32 på venstre side. Dette tilsvarer moderat enighet mellom testene (Stensrud 2008).

For å undersøke testenes intertesterreliabilitet ble det sommeren 2008 gjennomført testing av 56 nye spillere. Disse ble scoret av tre forskjellige fysioterapeuter, og resultatene ga en ICC verdi på 0,58 med en range fra 0,48 til 0,68 på EBK. Dette indikerer en moderat intertesterreliabilitet. Ved vurdering av TBFH oppnådde vi en interklasse korrelasjons koeffisient på 0,86. Dette indikerer svært god enighet mellom de tre testerne.

4.5 Etikk

Prosjektet er gjennomført i henhold til Helsinkideklarasjonen (Den Norske Lægeförening, 2001) og godkjent av Regional Etisk Komité Sør-Øst (vedlegg 2) og Norsk Samfunnsvitenskapelige datatjeneste (vedlegg 3).

4.6 Databehandling

Data fra de fem balanse- og styrkevariablene og de to subjektive testene ble samlet inn av fem ulike testere som førte sine resultater inn i Excell eller SPSS (SPSS Inc, versjon 15.0 for Windows, Chicago, IL).

4.7 Statistikk

For bearbeiding og analyser av datamaterialet har vi benyttet SPSS 15.0 (SPSS Inc, versjon 15.0 for Windows, Chicago, IL). Det er gjort en ANOVA for å undersøke forskjellen i gjennomsnitt og spredning (SD) mellom de tre ulike gruppene som ble vurdert til bra, redusert eller dårlig ved et ettbens knebøy og tobens fallhopp. For å avdekke signifikante forskjeller mellom de tre gruppene benyttet vi Bonferroni post hoc test. Vi utførte i tillegg en ICC-test for å vurdere intertesterreliabiliteten mellom tre testere på ettbens knebøy og tobens fallhopp. P-verdi ble satt til 0,05. Programmet G*Power (versjon 3.0.10, Düsseldorf, Tyskland) ble benyttet for å beregne effektstørrelser og statistisk styrke i studien.

5. Resultater

I denne delen av oppgaven vil resultatene bli presentert som forskjeller mellom spillerne som ble vurdert til *bra*, *redusert* eller *dårlig* ved ettbens knebøy (EKB) og tobens fallhopp (TBFH). Analysene er satt opp i egne tabeller for hver av de ulike styrke- og balansevariablene. Målinger av styrke og balanse på ett ben er sammenlignet med funksjonell test gjort på samme ben. Resultater for tobens fallhopp er kun oppgitt i verdier for venstre ben, da det ikke var forskjell i resultater mellom høyre og venstre ben.

5.1 Antropometriske forskjeller

Forskjeller i antropometriske data mellom de tre gruppene i hver funksjonelle test er presentert i tabell 2. Spillere som viste *redusert* knekontroll var signifikant lavere enn spillere som viste *dårlig* knekontroll på venstre kne under et EKB ($p=0,01$). Vi så samme tendens også ved EKB høyre kne, men disse verdiene oppnådde ikke statistisk signifikans ($p=0,055$). Utøverne som viste *god* knekontroll ved EKB venstre side var signifikant eldre enn de som viste *redusert* ($p=0,005$) og *dårlig* kontroll ($p=0,001$). Ved TBFH var de som viste *god* knekontroll signifikant yngre enn de som viste *dårlig* kontroll ($p=0,021$). Spillere med *god* kontroll under et TBFH hadde også en tendens til veie mindre ($p=0,051$) og ha lavere høyde enn de som viste *dårlig* kontroll ($p=0,06$). Disse resultatene nådde imidlertid ikke statistisk signifikans.

Tabell 2. Forskjeller i vekt (kg), høyde (cm) og alder (år) mellom gruppene. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt med ett standardavvik i parentes. B=Bra R=Redusert D=Dårlig. 1= $p<0.01$ mellom R og D, 2= $p<0.005$ mellom B og R, 3= $p<0.001$ mellom B og D, 4= $p<0.05$ mellom B og D.

Test		Vekt	Høyde	Alder	BMI
EBK Ve	Bra	68,8 (7,1)	172,8 (7,0)	24,2 (4,3)	23,0 (1,7)
	Redusert	68,2 (7,3)	172,5 (6,4)	21,7 (3,9) ²	22,9 (1,7)
	Dårlig	70,4 (7,6)	175,8 (5,4) ¹	20,8 (3,4) ³	22,7 (1,8)
EBK Hø	Bra	67,0 (6,2)	170,6 (6,1)	23,3 (4,1)	23,0 (1,5)
	Redusert	68,8 (7,6)	173,0 (6,3)	21,9 (4,2)	22,9 (1,8)
	Dårlig	69,0 (6,4)	174,5 (6,5)	21,5 (3,6)	22,6 (1,5)
TBFH	Bra	66,7 (7,7)	171,6 (6,5)	20,6 (3,4)	22,6 (1,7)
	Redusert	69,3 (7,2)	173,5 (6,4)	21,9 (3,9)	23,0 (1,7)
	Dårlig	70,0 (7,0)	174,4 (6,2)	22,6 (4,2) ⁴	23,0 (1,8)

5.2 Isometrisk hoftestyrke

Vi fant i denne studien ingen signifikante forskjeller i isometrisk styrke i hofteabduktorer målt med dynamometer mellom utøvere som scorer bra, redusert eller dårlig på et ettbens knebøy eller et tobens fallhopp. Resultater er vist i tabell 3.

Tabell 3. Forskjeller i isometrisk styrke i hofteabduksjon mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt (kg) med ett standardavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	30	11,2 (2,7)	19	11,8 (3,2)	46	11,2 (3,0)
Redusert	102	11,0 (2,6)	100	11,2 (3,0)	62	11,4 (2,6)
Dårlig	43	10,7 (2,1)	57	11,2 (2,7)	68	11,4 (3,1)

5.3 Isokinetisk quadriceps- og hamstringstyrke

Vi fant i denne studien ingen signifikante forskjeller i isokinetisk styrke i quadriceps eller hamstring mellom utøvere som viser bra, redusert eller dårlig knekontroll. Resultater er vist i tabell 4, 5 og 6.

Tabell 4. Forskjeller i quadricepsstyrke mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt (Nm) med ett standarsavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	169,9 (25,3)	19	170,8 (21,2)	41	163,5 (26,2)
Redusert	100	164,8 (26,2)	95	166,9 (27,5)	63	163,0 (26,5)
Dårlig	43	161,5 (26,4)	57	163,6 (26,2)	69	167,7 (25,9)

Tabell 5. Forskjeller i hamstringstyrke mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt (Nm) med ett standarsavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	96,8 (13,5)	19	97,4 (11,5)	41	92,6 (15,9)
Redusert	100	94,3 (15,9)	95	96,0 (15,8)	63	93,2 (16,7)
Dårlig	43	90,7 (15,8)	57	95,4 (17,5)	69	95,4 (14,4)

Tabell 6. Forskjeller i quadriceps/hamstrings-ratio mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt i gjennomsnitt (Nm) med ett standardavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	0,58 (0,09)	19	0,58 (0,07)	41	0,57 (0,08)
Redusert	100	0,58 (0,07)	95	0,58 (0,07)	63	0,57 (0,07)
Dårlig	43	0,58 (0,07)	57	0,58 (0,07)	69	0,57 (0,08)

5.4 Styrke i hofte og kneekstensorer

Utøvere som viste *dårlig* knekontroll ved EKB venstre side hadde en signifikant lavere 1RM enn gruppene som viste *redusert* ($p < 0,001$) og *god* knekontroll ($p = 0,001$). Vi så det samme på høyre ben hvor gruppen som viste *bra* kontroll hadde signifikant høyere 1RM enn de som viste *redusert* ($p = 0,022$) og *dårlig* kontroll ($p < 0,001$) (Tabell 7). Spillere i gruppen *bra* løftet i gjennomsnitt 26,9 kg eller 14,4% mer enn spillere som ble vurdert til å utføre EKB *dårlig* på venstre ben. På høyre ben løftet spillere som ble vurdert til *bra* kontroll ved EKB 33,1 kg eller 17,1% mer enn gruppen *dårlig*.

Tabell 7. Forskjeller i 1RM i hofte og kneekstensorer mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt (kg) med ett standardavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	28	212,6 (28,1)	18	225,8 (26,1)	38	208,1 (32,5)
Redusert	96	207,5 (29,4)	91	204,3 (31,4) ³	61	202,8 (28,4)
Dårlig	42	185,7 (33,9) ^{1,2}	56	192,7 (30,6) ¹	67	199,9 (34,6)

1= $p < 0,01$ mellom B og D 2= $p < 0,01$ mellom R og D. 3= $p < 0,05$ mellom B og R.

I tabell 8 har vi tatt hensyn til utøverens vekt ved å regne ut den relative styrken (1RM/vekt). Disse resultatene viser i tillegg til resultatene forklart i avsnittet over at utøvere som viser *dårlig* knekontroll ved et TBFH har signifikant lavere relativ styrke enn de spillerne som viser *god* kontroll ($p = 0,011$).

Tabell 8. Forskjeller i relativ styrke (IRM/vekt) mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier er oppgitt som gjennomsnitt med ett standardavvik i parentes.

	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	N	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	28	3,1 (0,40)	18	3,4 (0,43)	38	3,2 (0,45)
Redusert	96	3,0 (0,47)	90	3,0 (0,45) ³	61	2,9 (0,46)
Dårlig	41	2,7 (0,47) ^{1,2}	56	2,8 (0,47) ¹	66	2,9 (0,50) ¹

1= p<0.01 mellom B og D 2= p<0.01 mellom R og D. 3= p<0.01 mellom B og R.

5.5 Balanse

Statisk balanse

Resultater fra målinger på balanseplattform viser at spillere som har dårlig knekontroll under et EKB også har en større mediolateral svai når de står på ett ben på balansepute sammenlignet med spillere som viser redusert ($p=0,022$) og bra kontroll ($p=0,02$). Resultatene oppnådde statistisk signifikans kun på venstre ben (tabell 9). Spillere med dårlig knekontroll under EKB venstre ben har også signifikant større anterioposteriør svai enn spillere med redusert kontroll ($p=0,042$) (tabell 9). Målinger av Velocity Moment (mm^2/sek) viste ingen signifikante forskjeller mellom gruppene (tabell 9).

Dynamisk balanse

Målinger gjort av spillernes dynamiske balanse viser ingen signifikante forskjeller mellom de som scorer bra, redusert eller dårlig på subjektiv vurdering av ettbens knebøy og tobens fallhopp. Resultater vist i tabell 10.

Tabell 9. Forskjeller i mediolateral svai, anteriolateral svai og velocity moment målt på balanseplattform mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier oppgitt i gjennomsnitt med ett standardavvik i parentes. 1= $p < 0.01$ mellom B og D. 2= $p < 0.01$ mellom R og D. 3= $p < 0.05$ mellom R og D.

Mediolateral svai (mm/sek)						
	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	29,5 (7,5)	17	29,6 (7,5)	39	31,2 (7,8)
Redusert	96	30,8 (7,6)	84	30,7 (8,4)	56	31,1 (8,4)
Dårlig	41	35,3 (10,6) ^{1,2}	53	33,9 (9,6)	60	32,4 (9,2)
Anterioposteriør svai (mm/sek)						
	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	28,6 (7,2)	17	28,7 (6,9)	39	30,4 (7,6)
Redusert	89	29,3 (6,4)	84	29,0 (6,5)	56	28,7 (7,5)
Dårlig	36	33,0 (10,2) ³	53	31,2 (7,6)	60	31,1 (7,8)
Velocity moment (mm ² /sek)						
	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	200 (283)	17	155 (61)	39	159 (57)
Redusert	89	158 (55)	85	200 (392)	56	186 (208)
Dårlig	36	242 (303)	53	184 (70)	60	203 (239)

Tabell 10. Forskjellen i dynamisk balanse målt som mediolateral svai og anterioposteriør svai (mm/sek) mellom gruppene som scorer bra, redusert og dårlig på funksjonelle tester for knekontroll. Verdier oppgitt i gjennomsnitt med ett standardavvik i parentes.

Mediolateral svai (mm/sek)						
	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	1392 (302)	17	1444 (198)	39	1448 (276)
Redusert	88	1397 (317)	84	1369 (300)	55	1372 (309)
Dårlig	36	1515 (304)	53	1489 (351)	60	1456 (335)
Anterioposteriør svai (mm/sek)						
	EKB Venstre		EKB Høyre		TBFH	
	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)	n	Gj.snitt (1SD)
Bra	29	898 (209)	17	910 (112)	39	933 (168)
Redusert	88	891 (164)	84	882 (183)	55	885 (190)
Dårlig	36	958 (187)	53	940 (187)	60	913 (176)

6. Diskusjon

Hensikten med denne studien var å avdekke modifiserbare risikofaktorer for dårlig knekontroll hos kvinnelige elitehåndballspillere målt ved ettbens knebøy og tobens fallhopp.

Hovedfunnene fra studien indikerer at redusert styrke i hoft- og kneekstensorer målt i lukket kjede (benpress) samt nedsatt statisk balanse er egenskaper som virker negativt inn på en utøvers knekontroll. Vi ser i tillegg at de utøverne som scorer *dårlig* på ettbens knebøy i gjennomsnitt er yngre og høyere enn utøverne som scorer *redusert og bra*. De som utfører tobens fallhopp med *dårlig* knekontroll kjennetegnes ved at de er eldre og veier mer enn de som scorer *bra*.

I den første delen av diskusjonen vil resultatene fra denne studien bli repetert kort og drøftet opp mot tidligere forskning. Deretter diskuteres metoden og målemetodene som er benyttet i denne studien. Til slutt presenteres svakheter og utfordringer med studier av denne typen.

6.1 Diskusjon av resultater

Det er få studier som har sett direkte på årsaker til redusert knekontroll på samme måte som vi har gjort i denne studien. De fleste studiene har tatt utgangspunkt i kjønnsforskjellen som eksisterer i skadeforekomst av fremre korsbåndsskader (Hewett et al. 2001, Lephard et al. 2002). Disse studiene sammenligner forskjeller i styrke i muskelgrupper rundt hoft og kne mellom kvinner og menn, og konkluderer dermed indirekte rundt risikofaktorer for nedsatt knekontroll og ACL-skaderisiko. Andre studier konkluderer ut i fra hvilke faktorer en spesifikk forebyggende intervensjon har forbedret (Zebis et al. 2008, Holm et al. 2004), mens noen sammenligner anatomiske og fysiske egenskaper ved utøvere som har blitt skadet opp mot utøvere som ikke er skadet (Ireland et al. 2003, Leetun et al. 2004).

Det er hovedsakelig tre studier som har sammenlignet styrke i muskulatur i underekstremiteten opp mot funksjonelle knetester (Willson et al. 2006, Claiborne et al. 2006, Jacobs et al. 2007). Disse studiene skiller seg fra vår ved at de undersøker korrelasjon mellom knevinkler og styrkevariabler, mens vi undersøker forskjeller

mellom grupper delt inn etter *god*, *redusert* eller *dårlig* knekontroll. Vi har ikke klart å finne andre studier som kun har undersøkt sammenhengen mellom knekontroll og balanse. Det har derfor vært vanskelig å sammenligne alle våre resultater direkte opp mot andre studier.

I første avsnitt diskuteres antropometriske forskjeller mellom de tre gruppene, til tross for at dette ikke er modifierbare faktorer. Vi har valgt å diskutere de antropometriske forskjellene fordi vi antar at forskjeller i høyde, vekt og alder også kan påvirke styrke og balanserresultatene. Videre presenteres og diskuteres styrke og balanserresultatene fortløpende, før vi til slutt diskuterer målemetodene benyttet i studien.

6.1.1 Antropometriske forskjeller

Vi fant at yngre og høyere utøvere hadde større problemer med knekontrollen under et ettbens knebøy. Gjennomsnittsalderen på de som utførte testen med *dårlig* knekontroll var 20,8 år mens utøvere med *god* knekontroll var gjennomsnittlig 24, 2 år. Dette kan ses i sammenheng med funnene til Leereim og medarbeidere (1999) som i sin studie konkluderer med at de fleste skadene innen håndball skjer i alderen 13-24 år. Det samme rapporteres av Strand og medarbeidere (1990) som fant at 60% av ACL-skadene skjedde i aldersgruppen 15-24 år. Det er vanskelig å sammenligne våre resultater opp mot disse to studiene, da vi fortsatt ikke vet om kvaliteten på utførelsen av ettbens knebøy kan predikere en ACL-skade. Vi kan muligens først konkludere med en sammenheng mellom lav alder, redusert knekontroll og skaderisiko ved oppfølging av spillerne etter 5-6 år. Resultatene til Leereim og medarbeidere (1999) og Strand og medarbeidere (1990) kan også være et resultat av at det er flere spillere i denne aldersgruppen totalt.

En kan likevel tenke seg flere grunner til at yngre utøvere har større problemer med å utføre ettbens knebøy med god knekontroll sammenlignet med eldre utøvere. Våre analyser viser også at styrke i benpress korrelerer med alder, og at spillerne blir sterkere med økt alder. Dette kan være et resultat av økt treningsmengde ved økt alder, noe som bidrar til at spillerne utvikler bedre styrke som igjen kan påvirke knekontrollen positivt. I tillegg kan den økte treningsmengden også gjøre at spillerne med årene utvikler bedre teknikk og balanse som spiller inn på utførelsen av ettbens knebøy.

Ved tobens fallhopp viste det seg at eldre og tyngre utøvere hadde en tendens til å score dårligere enn de som var yngre og lettere. Dette er en interessant observasjon da Uhorchak og medarbeidere (2003) i sin kohortstudie på 1198 militærrekrutter fant at kvinner som veier ett standardavvik over gjennomsnittet hadde opp til 3,5 ganger større risiko for å oppnå en ACL-skade.

Resultatene fra de to funksjonelle testene tyder altså på at testene fanger opp to forskjellige grupper med dårlig knekontroll, og at disse gruppene har ulike egenskaper.

6.1.2 Isometrisk hoftestyrke

Det ble i denne studien ikke funnet forskjeller mellom gruppene som viste *god*, *redusert* eller *dårlig* knekontroll og styrke i hofteabduktorer verken ved et ettbens knebøy eller tobens fallhopp. Dette var noe overraskende og strider mot studiene til Jacobs og medarbeidere (2007), Willson og medarbeidere (2006) og Claiborne og medarbeidere (2006) som alle fant en korrelasjon mellom redusert isokinetisk styrke i hofteabduksjon og økt valgusbevegelse i kne ved et ettbens knebøy og landing etter hopp.

Det kan være flere årsaker til at vi ikke finner denne sammenhengen i vår studie. Det er blant annet flere forskjeller i de benyttede målemetodene. De tre nevnte studiene benytter isokinetisk styrketesting mens vi benytter isometrisk styrketesting av hofteabduktorerne. En forskjell på isometrisk og isokinetisk styrketesting er at testene er henholdsvis statisk og dynamisk. Dette betyr at isometrisk styrketesting tester muskelens evne til å utvikle styrke ved en bestemt muskellengde, mens den isokinetiske testen benyttet i de tre nevnte studiene måler muskelens evne til å utvikle kraft ved bevegelse. Muskelstyrken tester dermed med ulik hastighet, og en kan se for seg at dette er to ulike egenskaper ved en muskel som vanskelig lar seg sammenligne direkte. Claiborne og medarbeidere (2006) og Jacobs og medarbeidere (2007) måler valgusvinkelen i kneet ved bruk av tredimensjonal metode. Dette kan også være med å forklare forskjellen fra våre resultater, da vi kun benytter en todimensjonal analyse av knebevegelsen. Dermed kan vi ikke være sikre på om det er en ren valgusbevegelse eller en innadrotasjon i hofte vi måler. Muligens kunne vi oppnådd andre resultater ved bruk av en tredimensjonal bevegelsesanalyse. Willson og

medarbeidere (2006) målte valgusbevegele under ettbens knebøy ved bruk av todimensjonale bilder i frontalplanet. De finner en svak korrelasjon mellom isokinetisk hofteabduksjon og valgusvinkel i kne, mens den største korrelasjonen i studien ses mellom økt valgusvinkel og redusert styrke i utadrotatorer i hofta. Dette styrker antagelsen om at valgusstilling i kneet ved todimensjonale analyser kan preges av mye innadrotasjon i hofteløddet, da det er naturlig å se for seg at en person med svake utadrotatorer lettere vil innadrotere i hoften.

Zebis og medarbeidere (2008) rapporterte at en 18 uker lang nevrologisk treningsintervensjon ga deltagerne økt EMG-aktivitet i deler av hamstringsmuskulaturen under en finteøvelse, mens aktiviteten i gluteus medius ble redusert. Forfatterne forklarer sine funn ut i fra at den anteriore delen av gluteus medius har en innadroterende funksjon når hofteløddet er flektert, og at økt firing i denne muskulaturen er ugunstig for knekontrollen i denne posisjonen. Hvis dette er tilfellet er det naturlig å se for seg at økt styrke og firing i gluteus medius heller ikke er gunstig ved ettbens knebøy eller tobens fallhopp, da begge øvelsene innebærer fleksjon i hoften.

Våre resultater kan også ses i sammenheng med Herman og medarbeidere (2008) som konkluderte med at en 9 uker lang treningsintervensjon ikke endret valgusbevegelsen i kne ved et tobens stopp-hopp. Intervensjonen i denne studien var styrketrening i åpen kjede med strikkemotstand. Både gluteus medius, gluteus maximus, quadriceps og hamstrings økte signifikant i styrke sammenlignet med kontrollgruppen, mens kinematikken i underekstremiteten under den funksjonelle øvelsen forble uendret. Resultatene fra Herman og medarbeideres (2008) studie kan tyde på at det ikke er en sammenheng mellom styrke i hofteabduktorer i en åpen kjede og god knekontroll. Studien benytter en annen funksjonell test enn oss for å avdekke god og dårlig knekontroll enn de vi benyttet i vår studie. Dette kan prege resultatene til Herman og medarbeidere (2008), da det kan se ut som denne testen (tobens stopp-hopp) ikke klarte å skille utøvere som hadde bra og dårlig knekontroll. Verdier fra baseline indikerer for eksempel ikke unormalt stor valgusbevegelse, noe som kan tyde på at intervensjonen ikke har noe å forbedre. På en annen side kan resultatet til Herman og medarbeidere (2008) avspeile at det er liten overføringsverdi mellom styrkeøvelser i en åpen kinetisk kjede og styrke i funksjonelle øvelser som utføres i en lukket kinetisk

kjede. Det samme kan være tilfelle i vår studie hvor en isometrisk styrketest av hoftaabduktorer utført i åpen kinetisk kjede muligens ikke har overføringsverdi til funksjonelle tester utført i lukket kjede. Gjennomføringen av vår styrketest kan også gi feilkilder fordi det er vanskelig å kontrollere om en spiller utfører ren abduksjon og ikke utadroterer og flekterer i hoften i tillegg. Ved bruk av hofterotatorer og hoftefleksorer vil spilleren kunne utvikle en mye større kraft, og vi får ikke målt den funksjonen vi egentlig er ute etter.

6.1.3 Isokinetisk quadriceps- og hamstringstyrke

Vi fant i denne studien ingen forskjeller i hamstring- og quadricepsstyrke mellom utøvere som viste *god, redusert* eller *dårlig* knekontroll ved ettbens knebøy og tobens fallhopp. Dette står i kontrast til Hewett og medarbeidere (1996) som observerte at utøvere som var sterkere i quadriceps og hamstring hadde mindre valgusbevegelse i kneet i landingsfasen etter et fallhopp. Våre funn samsvarer heller ikke med Myer og medarbeidere (2009) som i sin prospektive studie fant at kvinner som ble utsatt for en ACL-skade var svakere i hamstring, men ikke i quadriceps sammenlignet med menn. Kvinnelige utøverne som ikke ble utsatt for skade hadde derimot redusert quadricepsstyrke og lik hamstringstyrke som matchede mannlige utøvere.

Det kan være flere årsaker til at vi ikke finner sammenheng mellom styrke i quadriceps og hamstring og knekontroll i våre resultater. Som diskutert tidligere er styrketestene i vår studie utført i en åpen kinetisk kjede mens de funksjonelle testene er utført i lukket kjede. Flere studier har indikert at knekontroll avhenger av muskulær kokontraksjon som øker leddstivheten og reduserer valgusbevegelsen (Lloyd og Buchanan 2001). I følge Rozzi og medarbeidere (1999) har kvinner større EMG-aktivitet i laterale del av hamstring sammenlignet med menn ved landing etter hopp. Økt firing i laterale del av hamstring kan potensielt gi større bevegelse medialt i leddet og bidra til økt valgus i kneet. Myer og medarbeidere (2005) viste i sin studie at kvinner viser en redusert medial til lateral quadriceps ratio sammenlignet med menn. En av quadriceps funksjoner under øvelser i lukket kjede er sammen med hamstring å danne en kompresjonskraft som stabiliserer kneleddet. Hvis denne kraften er mindre på medialsiden sammenlignet med lateralsiden vil dette kunne resultere i en økt dynamisk valgusbevegelse. Zebis og medarbeidere (2008) viste også at et treningsprogram med fokus på nevro-muskulær trening endret

muskelaktiveringsmønsteret i underekstremiteten ved en fintebevegelse. De fant at m. semimembranosus fyrte tidligere etter en 18 uker lang treningsintervensjon.

Styrketesten gjort på hamstrings og quadriceps i vår studie tar ikke hensyn til styrkeforskjeller mellom mediale og laterale del av muskelgruppene og i hvilken rekkefølge muskulaturen rekrutteres. Dette kan være en av forklaringene til at vi ikke finner sammenheng mellom hamstrings- og quadricepsstyrke og knekontroll i vår studie.

6.1.4 Styrke i hofte- og knekstensorer

Vi fant signifikante forskjeller i 1RM benpress mellom utøvere som utførte ettbens knebøy med *bra*, *dårlig* eller *redusert* knekontroll. Spillere med *bra* knekontroll på venstre ben løftet i gjennomsnitt 14,4%, eller 26,9 kg mer enn de som ble vurdert til *dårlig* knekontroll. Spillere med *bra* knekontroll på høyre ben løftet i gjennomsnitt 17,1%, eller 33,1 kg mer enn gruppen *dårlig*. Denne sammenhengen viste seg også ved tobens fallhopp når styrke ble korrigert for vekt. Utøvere med *dårlig* knekontroll hadde signifikant lavere relativ styrke sammenlignet med spillere som viste *god* kontroll ved samme test.

Vi har ikke funnet noen studier som sammenligner knekontroll eller skadeforekomst med styrke i benpress. Som nevnt tidligere har èn studie derimot vist at styrketrening av underekstremiteten i åpen kjede ikke endrer kinematikken i underekstremiteten under et tobens stopp-hopp (Hermann et al. 2008). Våre funn indikerer at økt styrke i lukket kjede kan gi bedre knekontroll, noe som igjen kan tyde på at muskelbruken i åpen og lukket kjede er forskjellig og har liten overføringsverdi til hverandre.

Benpress er også en øvelse som ligner mer på de funksjonelle testene som ble benyttet i vår studie. Både benpress, ettbens knebøy og tobens fallhopp er øvelser som går over flere ledd og som krever aktivering av både hofte- og knemuskulatur samtidig. Finter og landinger som en håndballspiller utfører på banen og som kan sette spilleren i risiko for kneskade skjer i realiteten i en lukket kinetisk kjede. Det er derfor naturlig å tenke seg at styrketrening og innlæring av riktig bevegelsesmønster med knær over tær også må skje i denne utgangsstillingen for å få funksjonell overføringsverdi til en spillesituasjon.

Da vi korrigerer 1RM i benpress for utøverens vekt fant vi også signifikante forskjeller mellom gruppene ved tobens fallhopp. Under finter og innhopp må en håndballspiller bære kroppsvekta si, og en lettere håndballspiller vil automatisk trenge mindre styrke for å bære egen vekt. Det er naturlig å se for seg at en tyngre utøver automatisk får større krefter som må bremses ved landing etter tobens fallhopp. Sannsynligvis vil det da kreves bedre styrke for å kunne opprettholde en god stilling i kneleddet med knær over tær.

6.1.5 Balanse

Spillere med *dårlig* knekontroll under ettbens knebøy på venstre ben viste i denne studien en signifikant større anterioposteriør og mediolateral svai sammenlignet med gruppene *redusert* og *bra*. Dette kan tyde på at utøvere med dårlig knekontroll også har dårligere statisk balanse sammenlignet med utøvere med god knekontroll. Målingen av dynamisk balanse viste imidlertid ingen forskjell mellom gruppene.

Våre resultater er i samsvar med Hrysomallis (2007) som i sin oversiktsartikkel konkluderer med at fem av ni studier viser at redusert balanse er signifikant relatert til ligamentskader i ankel. Det er naturlig å tenke seg at dette også kan gjelde ligamentskader i kneleddet. En skade oppstår når belastningen mot en struktur er større enn hva den kan tåle. For å redusere skadeforekomsten må strukturen bli sterkere så den tåler mer belastning, eller belastningen mot strukturen må reduseres. Det er foreslått at balansetrening bedrer nevromuskulære mekanismer som er ansvarlig for kokontraksjon av muskulatur rundt et ledd som igjen bedrer den aktive leddstabiliteten (Hrysomallis 2007). Denne økte stabiliteten fører til redusert belastning på leddstrukturer.

Flere studier har tatt sikte på å forebygge kneskader innen både håndball og fotball ved bruk av nevromuskulær trening (Caraffa et al. 1996, Myklebust et al. 2003¹, Wedderkopp et al. 2003, Olsen et al. 2005, Mandelbaum et al. 2005, Gilchrist et al. 2008). Samtlige har positive resultater og viser at forebygging av kneskader er mulig. Intervensjonene i de forebyggende studiene har hatt sterkt fokus på balanse og nevromuskulær trening på ujevnt underlag, men flere har også inneholdt ulike elementer av styrketrening (Wedderkopp et al. 2003, Olsen et al. 2005, Mandelbaum et al. 2005, Gilchrist et al. 2008). På grunn av dette er det vanskelig å konkludere med

at det kun er bedring i balanse som har gitt den positive effekten. Myer og medarbeidere (2006) viste i sin studie at balansetrening reduserte valgusbevegelsen i kneleddet under landing etter fallhopp på ett og to ben. Av samme grunn som over er det også i studien til Myer og medarbeidere (2006) vanskelig å konkludere med at det er bedret balanse som har redusert valgusbevegelsen, da studien har få deltagere som i tillegg har trent styrke i kombinasjon med balansetreningen. Funnene fra vår studie styrker imidlertid teorien om at god statisk balanse vil bedre knekontrollen hos kvinnelige idrettsutøvere.

Resultatene våre fra den dynamiske balansemålingen viste ingen forskjell mellom gruppene som hadde *god*, *redusert* og *dårlig* knekontroll. Dette strider mot resultatene til Holm og medarbeidere (2004). De fant at et treningsprogram med fokus på nevro-muskulær trening og balanse og som signifikant reduserte forekomsten av ACL-skader også forbedret spillernes dynamiske balanse. Det kan være flere årsaker til at vi ikke finner sammenheng mellom knekontroll og dynamisk balanse i vår studie. Det er usikkert i hvilken grad balansemålingen vi har foretatt klarer å skille mellom god og dårlig dynamisk balanse, da vi ikke har klart å finne noen validitetsstudier på testen. Oppgaven som ble gitt ved ettbens knebøy og tobens fallhopp kan i tillegg ha dårlig overføringsverdi til balansekravene som stilles på en håndballbane. Håndball er en idrett som består av raske bevegelser, finter og hopp, mens balanseoppgaven som ble gitt i denne studien bestod i å stå stille og forflytte tyngdepunktet sitt i et gitt mønster.

Resultatene fra balansemålingen avdekker forskjellig resultat mellom høyre og venstre ben. En kan tenke seg flere årsaker til dette. Muligens er dette et bilde på forskjeller mellom dominant og ikke dominant ben. Selv om det er vanskelig å trekke slutninger ut i fra denne observasjonen er det interessant å se det i sammenheng med Hewett og medarbeideres (2001) teori om at kvinner har ett ben som er mer dominant enn det andre. I følge Hewett og medarbeidere (2001) gjør dette at det ene benet er mer utsatt for skade under idrettsaktiviteter. For å få svar på dette må spillerne følges opp over lang tid for å observere hvilket ben som blir skadet.

6.2 Diskusjon av metode

Målemetodene som ble benyttet i denne studien ble vurdert til å være de beste av tilgjengelige målemetoder for å undersøke utøvernes knekontroll, styrke og balanse. De samme testprosedyrene er benyttet i flere andre studier, og blir regnet for å ha tilfredsstillende reliabilitet og validitet (Raastad og Hallèn 2000, Levinger et al. 2009, Kelln et al. 2008, Engebretsen et al. 2007, Stensrud 2008).

Styrke målt med håndholdt dynamometer, isokinetisk testing i Technogym REV 9000 og 1RM testing i leggpres-apparat er tidligere benyttet i andre studier og regnes per definisjon som gode mål på styrke (Raastad og Hallèn 2000, Levinger et al. 2009). Det vil si at målemetodene har en logisk validitet da det er naturlig og logisk å se for seg at et dynamometer og 1RM-testing måler styrke.

Balanse er beskrevet som evnen til å holde kroppens tyngdepunkt over understøttelsesflaten (Shumway-Cook og Woollacott 2000). De kontinuerlige bevegelsene av kroppen i stående stilling medfører at kroppens tyngdepunkt og trykksenteret under føttene beveges (Winter 1995). Disse bevegelsene er beskrevet som posturale svingninger, og anses som en refleksjon av balansen. Måling av posturale svingninger er derfor ofte brukt som et mål på balanse (Shumway-Cook og Woollacott 2000). Basert på denne teorien kan vi forvente at balanse målt på en balanseplattform dekker dette begrepet og at målemetoden dermed har god begrepsvaliditet (Thomas et al. 2005).

Styrke i hofteabduktorer ble i denne studien målt ved hjelp av et håndholdt dynamometer. Flere har påpekt at det er et problem at utøveren overviner målerens styrke under denne type testing, og at resultatet derfor ikke blir reliabelt (Kelln et al. 2008, Krause et al. 2007). Det er likevel blitt vist en intratesterreliabilitet ICC fra 0,92- 0,96 og en intertesterreliabilitet ICC 0,87 på målinger av styrke i hofteabduksjon ved hjelp av et dynamometer (Kelln et al. 2008). Målinger av andre muskelgrupper viste i samme studie imidlertid ikke like gode resultater, og studien konkluderer med at det kan forekomme store styrkeforskjeller på samme person når testen gjøres av to ulike testere. Det styrker derfor våre resultater at alle målinger er foretatt av samme tester. Standardisering av testprosedyrer, med lik plassering av

dynamometer og like pauser mellom testene er også med på å styrke resultatene (Krause et al. 2007).

Styrke i quadriceps og hamstringer ble målt ved bruk av isokinetisk styrketesting i en åpen kinetisk kjede. I en reliabilitetsstudie av isokinetisk styrketesting fant Pincivero og medarbeidere (1997) ICC verdier mellom 0,88-0,97. Dette indikerer god reliabilitet på samme type målinger som de som er utført i denne studien.

Styrke i hofte- og kneekstensorer ble målt som 1RM i et benpress-apparat. Redusert styrke i denne testen viste sammenheng med utførelse av ettbens knebøy og tobens fallhopp med redusert og dårlig knekontroll. LeBrasseur og medarbeidere (2008) undersøkte test-retest reliabiliteten på 1RM testing i et benpress-apparat og fant en ICC på 0,95-0,99, noe som indikerer en svært god intertesterreliabilitet. Dette støttes også av Levinger og medarbeidere (2009). På bakgrunn av dette kan vi konkludere med at styrketesting i benpress-apparat har en god reliabilitet når testprosedyren er standardisert.

Utøvernes balanse ble målt på en balanseplattform av typen Metitur Good Balance 2000. Målingene viste at det var forskjell mellom gruppene som utførte ettbens knebøy med *bra* og de som utførte det med *dårlig* knekontroll. Engebretsen og medarbeidere (2007) testet reliabiliteten på flere ulike testprosedyrer ved bruk av den aktuelle balanseplattformen som også ble brukt i vår studie. Resultatet viste høyest reliabilitet ved ettbensstående med øynene åpne i 20 sekunder, med ICC-verdier på 0,67-0,77 på intertesterreliabilitet og 0,82-0,87 på intratesterreliabilitet. Dette indikerer moderat til tilfredsstillende verdier for intra- og intertesterreliabilitet, og det ble derfor valgt å benytte lik prosedyre i denne studien. I en finsk studie som undersøkte balanse i tandemstående på 7979 deltakere viste resultatene en tydelig takeffekt blant den yngste delen av gruppen (30-39 år) (Era et al. 2006). En takeffekt vil si at oppgaven blir for lett for deltakerene, noe som gjør at testen ikke klarer å avdekke forskjeller mellom gruppene. Studien konkluderte derfor med at utfordringen må økes for å skille mellom god og dårlig balanse blant unge deltakere. På bakgrunn av dette valgte vi å utfordre utøverne ved å stå på ett ben på en balansepute. Dette støttes av Harringe (2008) som i sin studie på unge kvinnelige gymnaster konkluderer med at målinger utført på mykt underlag er mer reliable enn målinger utført på hardt

underlag. Det er derfor grunn til å tro at vi med denne målemetoden har klart å skille utøvere med god og dårlig balanse, samt at vi med en standardisert testprosedyre har oppnådd reliable målinger. Hansen og medarbeidere (2000) testet reliabiliteten på dynamisk balansemåling på en flyttbar balanseplattform (Kat 2000). De fant at en måleprosedyre lik den vi har benyttet i vår studie har en stor læringseffekt, og at dette kan påvirke resultatet av målingene. Det ble i vår studie gitt 3 forsøk på den dynamiske balansemålingen, og den siste målingen ble benyttet i analysene. Læringseffekten kan ha påvirket resultatet.

Utførelsen av ettbens knebøy og tobens fallhopp ble i denne studien subjektivt vurdert i frontalplan av en fysioterapeut. Det kan diskuteres om denne vurderingen er representativ for den sanne valgusbevegelsen i kneet, eller om det i realiteten er bevegelser i transversalplan og hovedsaklig innadrotasjon i hoften vi vurderer.

6.2.1 Statistisk styrkeberegning

Resultatene fra benpress-målingen på venstre ben oppnådde i vår studie en statistisk styrke på 94% og en effektstørrelse på 0,30. På høyre ben oppnådde resultatet en statistisk styrke på 91% og en effektstørrelse på 0,29. Dette indikerer at vi med stor sannsynlighet har klart å avdekke en reell forskjell mellom gruppene som utførte ettbens knebøy med *bra*, *redusert* og *dårlig* knekontroll.

De signifikante forskjellene i mediolateral-svai på balanseplattform oppnådde en statistisk styrke på 62% og en effektstørrelse på 0,20. For at vi skulle oppnådd en statistisk styrke på 80% hadde vi trengt 246 deltagere i studien vår. De signifikante forskjellene i anterioposteriør-svai på balanseplattform oppnådde en styrke på 42% og en effekt på 0,16. For å oppnå en styrke på 80% med samme lave effektstørrelser måtte antallet deltakere i studien vært nærmere 381.

6.2.2 Begrensninger med studiens design

Denne studien er designet som en tverrsnittsstudie. Dette gjør at vi ut i fra resultatene kun kan konkludere med at vi ser en korrelasjon mellom to fenomener. Vi kan derimot ikke konkludere med en sikker årsak-virkning. For å kunne fastlå en slik kausalitet trengs studier designet som en randomisert kontrollert studie, som bedre kontrollerer for confoundingfaktorer (Thomas et al. 2005).

6.3 Perspektiver

Korrekt utførelse og teknikk i funksjonelle oppgaver er viktig for å unngå skader i idrettssammenheng. Tobens fallhopp og ettbens knebøy har vist seg å være gode hjelpemidler for å plukke ut spillere med god og dårlig knekontroll (Stensrud 2008). I tillegg indikerer vår studie at god styrke i benpress og god statisk balanse er faktorer som påvirker knekontrollen i positiv retning. Det gjenstår derimot å se om ettbens knebøy og tobens fallhopp også kan predikere skade. Dette vil vise seg først etter langtids oppfølging av spillerne som har deltatt i dette prosjektet. Våre resultater underbygger at allsidig fysisk trening er viktig fra spillerne er ung for å kunne møte de kravene som stilles i håndballspill på elitenivå. Det kan virke som om skadeforebyggende trening med elementer av balanse- og styrketrening bør implementeres tidlig i karrieren.

7. Konklusjon

Denne studien på kvinnelige elitehåndballspillere viste at utøvere med subjektivt vurdert *bra* knekontroll var sterkere i 1 RM benpress sammenlignet med utøvere med *redusert* og *dårlig* knekontroll. Denne forskjellen ble også vist mellom gruppene ved tobens fallhopp når styrke ble korrigert for vekt. Utøvere med *dårlig* knekontroll hadde lavere relativ styrke sammenlignet med spillere som viste *god* knekontroll ved tobens fallhopp. Målinger av spillernes styrke i hamstrings, quadriceps og hofteabduksjon, målt i en åpen kjede, hadde tilsynelatende ingen innvirkning på spillernes knekontroll ved de to funksjonelle testene.

Spillere med *dårlig* knekontroll under ettbens knebøy på venstre ben viste større anterioposteriør og mediolateral svai, det vil si dårligere statisk balanse, sammenlignet med gruppene *redusert* og *bra*. Målingen av dynamisk balanse viste imidlertid ingen forskjeller mellom gruppene.

Resultatene fra denne studien indikerer at trening av styrke i lukket kjede og statisk balanse på ujevnt underlag trolig kan bedre knekontrollen ved ettbens knebøy og tobens fallhopp. Allsidig fysisk trening og innlæring av riktig bevegelsesmønster med fokus på knær over tær er viktig fra spilleren er ung for å kunne møte de kravene som stilles i håndballspill på elitenivå. Benpress og balansetrening bør derfor inngå i den skadeforebyggende treningen og implementeres tidlig i håndballkarrieren.

Referanser

- Allend MK, Glasoe WM (2000). Metrecom Measurement of Navicular Drop in Subjects with Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train* 35(4): 403-406
- Arendt E, Dick R (1995). Knee injury pattern among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 23: 694-701
- Arendt EA, Agel J, Dick R (1999). Anterior Cruciate Ligament Injury Patterns Among Collegiate Men and Women. *J Athl Train* 34:86-92
- Arendt EA (2001). Anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep* 1(3):211-217
- Bahr R, Holme I (2003). Risk factors for sport injuries- a methodological approach. *Br.J. Sports Med* 37:384-392.
- Bahr R, Krosshaug T (2005). Understanding the injury mechanisms- a key component to prevent injuries in sport. *Br J Sports Med* 39(6): 324-329
- Barene S(1997) *Endres fremre translasjon av tibia i forhold til femur og/eller generell bevegelighet gjennom menstrasjonssyklus hos kvinner?* Hovedfagsoppgave i idrett ved Norges Idrettshøgskole.
- Becket ME, Massie DL, Bowers KD et al. (1992). Incidence of Hyperpronation in the ACL Injured Knee: A Clinical Perspective. *J Athl Train* 27(1):58-62
- Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Garret WE jr. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 23: 573-578
- Boden BP, Torg JS, Knowles SB et al. (2009). Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med* 37(2):252-259

Buchanan PA, Vardaxis VG (2003). Sex-Related and Age-related differences in knee strength of basketball players ages 11-17 years. *J Athl Train* 38(3):231-237

Caraffa A, Cerulli G, Proietti 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: 19-21

Chandrashekar N, Slauterbeck J, Hashemi J (2009). Sex-based differences in the anthropometric characteristics of the anterior cruciate ligament and its relation to intercondylar notch geometry: a cadaveric study. *Am J Sports Med* 33(10):1492-1498.

Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM (2006). Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech* 22(1):41-50.

Cortes N, Onate J, Abrantes J, Gagen L, Dowling E, Van Lunen B (2007). Effects of gender and foot-landing techniques on lower extremity kinematics during drop-jump landings. *J Appl Biomech* 23(4):289-299.

Cowley HR, Ford KR, Myer GD, Kernozek TW, Hewett TE. (2006) Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *J Athl Train* 41(1):67-73.

Dahl HA & Rinvik E (2002): *Menneskets funksjonelle anatomi. Med hovedvekt på bevegelsesapparatet*. 1.utg., 3.opplag. Oslo: Cappelen Akademiske Forlag

DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garret W (2004). Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 32: 477-483

Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J (2006). Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:204-213

Engbretsen KB, Mørk M, Risberg MA (2007). Reliabilitet, portabel balanseplattform, friske individer- en metodestudie. *Fysioterapeuten* 5:17-24

Era P, Sainio P, Koskinen S, Haavisto P, Vaara M, Aromaa A (2006): Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology* 2006;52(4):204-13

Fagenbaum R, Darling WG (2003). Jump landing strategies in male and female college athletes and the implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 31(2):233-240

Faude O, Junge A, Kindermann W, Dvorak J (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *Br J Sports Med* 40: 785-790

Finch C. (2006). A new framework for research leading to sports injury prevention. *J Sci Med Sports* 9:3-9

Ford KR, Meyer GD, Hewett TE (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med.Sci.Sports Exerc.* 35:1745-1750

Ford KR, Myer GD, Smith RL, Byrnes RN, Dopirak SE, Hewett TE (2005¹). Use of an overhead goal alters vertical jump performance and biomechanics. *J Strength.Cond.Res.* 19: 394-399

Ford KR, Myer GD, Toms HE, Hewett TE (2005²). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc* 37: 124-29

Freeman MA, Pinskerova V. (2005). The movement of the normal tibio-femoral joint. *J Biomech*: 38(2):197-208

Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Dick RW, Dvorak J (2008). A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med*: 36(8):1476-1483.

Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*: 8(3):141-150.

Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE Jr, Hannafin JA, Hewett TE, Huston LJ, Ireland ML, Johnson RJ, Lephart S, Mandelbaum BR, Mann BJ, Marks PH, Marshall SW, Myklebust G, Noyes FR, Powers C, Shields C Jr, Shultz SJ, Silvers H, Slauterbeck J, Taylor DC, Teitz CC, Wojtys EM, Yu B. (2006) Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. A Review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *Am J Sports Med* 34(9): 1513-1532

Hansen MS, Dieckmann B, Jensen K, Jakobsen BW (2000). The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 180-185

Harringe ML, Halvorsen K, Renström P, Werner S (2008). Postural control measured as the center of pressure excursion in young female gymnast with low back pain or lower extremity injury. *Gait Posture* 28(1):38-45.

Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA (2008). The Effect of Strength Training on the Lower Extremity Biomechanics of Female Recreational Athletes During a Stop-Jump Task. *Am J Sports Med* 36(4):733-740

Hertel J, Dorfman JH, Braham RA (2004). Lower extremity malalignments and anterior cruciate ligament injury history. *J Sports Sci Med* 3: 220-225

Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 24(6):765-73.

- Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR (1999). 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
- Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR (1999). 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
- Hewett TE (2000). Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med* 29(5):313-327
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR (2001) Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep* 1(3):218-224
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr., Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 33(4): 492-501
- Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY (2007). *Understanding and Preventing Noncontact ACL Injuries*. Leeds: Human Kinetics
- Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H (2004). Effect of Neuromuskular Training on Proprioception, Balance, Muscle Strength, and Lower Limb Function in Female Team Handball Players. *Clin J Sport Med* 14(2):99-94
- Hrysomallis C (2007). Relationship between Balance Ability, Training and Sports Injury Risk. *Sports Med* 37(6):547-556
- Huston LJ, Vibert B, Ashton-Miller JA, Wojtys EM (2001). Gender difference in knee angle when landing from a drop-jump. *Am J Knee Surg* 14: 215-220
- Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM (2003). Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 33(11):671-676

Isaac DL, Beard DJ, Price AJ, Rees J, Murray DW, Dodd CA (2005). In-vivo sagittal plane knee kinematics: ACL intact, deficient and reconstructed knees. *Knee* 12(1):25-31.

Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, Rayens WS (2007). Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *J Athl Train* 42(1):76-83.

Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountoy M, Beltrami G, Terrell R, Holzgraefe M, Charles R, Dvorak J (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med* 34(4): 565-76

Kapandji IA (1987). *The Physiology of the Joints. Volume Two. Lower Limb*. Fifth edition. New York: Churchill Livingstone

Kelln BM, McKeon PO, Gontkof LM, Hertel J (2008). Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *J Sport Rehabil* 17(2):160-170

Krause DA, Schlagel SJ, Stember BM, Zoetewey JE, Hollman JH (2007). Influence of lever arm and stabilization on measures of hip abduction and adduction torque obtained by hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil* 88(1):37-42.

Krosshaug T (2006). *Video analysis of the mechanisms for ACL injuries*. Dissertation from the Norwegian School of Sport Sciences.

Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, Hewett TE, Bahr R (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med* 35(3):359-67. Epub 2006 Nov 7.

LeBrasseur NK, Bhasin S, Miciek R, Storer TW (2008). Tests of muscle strength and physical function: reliability and discrimination of performance in younger and older men and older men with mobility limitations. *J Am Geriatr Soc* 56(11):2118-2123

Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36(6):926-34.

Lephart SM, Ferris CM, Riemann BL, Myers JB, Fu FH (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop Relat Res*: 162-169

Leereim I (1999). Idrettsskader i Norge. En studie over forekomst, fordeling og endringer av idrettsskader behandlet ved norske sykehus i perioden 1989-1997. Norges idrettsforbund og olympiske komite.

Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Toia D, Selig S (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *J Sci Med Sport* 12: 310-316

Loyd DG, Buchanan TS (2001). Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *J Biomech* 34: 1257-1267

Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athlete: a 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 33:1003-1010

McLean SG, Neal RJ, Myers PT et al. (1999). Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *Med Sci Sports Exerc* 31:959-968

Meeuwisse WH (1994). Assessing Causation in Sport Injury: A Multifactorial Model. *Clin J Sport Med* 4(3): 166-170

Murphy DF, Connolly DA, Beynnon BD (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med* 37: 13-29

- Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res* 39:127-131
- Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE (2006). The effect of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med* 34: 445-455
- Myer GD, Ford KR, Foss KDB et al. (2009). The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clin J Sport Med* 19: 3-7
- Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, Strand T, Solheim E (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports* 7:289-292
- Myklebust G, Mæhlum S, Holm I, Bahr R (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in the elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports* 8: 149-153
- Myklebust G, Engebretsen L, Brækken IH, Skjølberg A, Olsen OE, Bahr R (2003¹). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons. *Clin J Sport Med*. 13: 71-78
- Myklebust G, Holm I, Mæhlum S, Engebretsen L, Bahr R. (2003²) Clinical, functional and radiological outcome 6-11 years after ACL injuries in team handball players- a follow up study. *Am J Sports Med* 31:981-989
- Nielsen AB og Yde J (1988). An epidemiologic and traumatologic study of injuries in handball. *Int J Sports Med* 9: 341-344
- Nunley RM, Wright D, Renner JB, Yu B, Garrett WE Jr. (2003). Gender Comparison of patellar Tendon Tibial Shaft Angle with weight bearing. *Res Sports Med* 11: 173-185

Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sports* 13(5):299-304.

Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R (2004): Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. A systematic video analysis. *Am J Sports Med* 32: 1002-1012

Olsen OE (2005). *Injuries in Team Handball: Risk factors, injury mechanisms and prevention*. Dissertation from the Norwegian School of Sport Sciences

Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R (2006). Injury pattern in youth team handball: a comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports* 6: 426-432

Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K et al. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg* 125: 614-621

Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RA (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *Int J Sports Med*: 18(2):113-117

Putz R & Pabst R (red.) (2001): *Atlas of human anatomy, Sobotta. Volum 2: Thorax, abdomen, pelvis, lower limb*. 13. utgave. Germany, Munich: Urban & Fischer.

Raastad T, Hallén J (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol* 82:206-214

Rieman BL, Lephart SM (2002). The sensorimotor system, Part 1: The physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training* 37(1):71-79

Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH (1999). Knee joint laxity and nevro-muscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *Am J Sports Med* 27: 312-319

Russel KA, Palmeri RM, Zinder SM, Ingersoll CD (2006). Sex Differences in Valgus Knee Angle During a Single-Leg Drop Jump. *J Athl Train* 41(2):166-171

Shimokochi Y, Shultz SJ (2008). Mechanisms of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train* 43(4):396-408

Shumway-Cook A, Woollacott MH (2001): *Motor control. Theory and practical applications* (2.utg.). USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Simonsen EB, Magnusson SP, Bencke J, Naesborg H, Havkrog M, Ebstrup JF, Sørensen H. (2000). Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scand J Med Sci Sports* 10: 78-84

Smith J, Szczerba JE, Arnold BL, Perrin DH, Martin DE (1997). Role of Hyperpronation as a Possible Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injuries. *J Athl Train* 32(1):25-28

Souryal TO og Freeman TR (1993). Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 21: 535-539

Stensrud S (2008). *The correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating poor knee control in elite female team handball players. Three simple clinical tests.* Masteroppgave ved Norges Idrettshøgskole

Strand T, Tvedte R, Engebresten L, Tegnander A (1990). Fremre korsbåndskader ved håndballspill. Skademekanismer og skadeinsidens. *Tidsskr Nor Lægeforen* 110:2222-2225

Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ (2005): *Research methods in physical activity* (5.utg.). USA: Human Kinetics

Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, Taylor DC (2003). Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med* 31:831-842

van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* 14: 82-99

Wedderkopp N, Kaltoft M, Lundgaard B et al. (1997). Injuries in young female players in European team handball. *Scand J Med Sci Sports* 7(6):342-7

Wedderkopp N, Kaltoft M, Lundgaard B et al. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 9: 41-47

Wedderkopp N, Kaltoft M, Holm R et al. (2003). Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball- with and without ankle disc. *Scand J med Sci Sports* 13: 371-375

Willson JD, Ireland ML, Davis I (2006). Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc* 38(5):945-952.

Winter DA (1995): Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture* 3:193-214.

Wojtys EM, Huston LJ, Boynton M et al. (2002). The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels. *Am J Sports Med* 26: 614-619

Yu B, Garret WE (2007). Mechanisms of non-contact ACL-injuries. *Br J Sports Med* 41 Suppl 1:i47-i51

Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP et al. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med* 35(7):1123-30

Zeller BL, McCrory JL, Kibler WB, Uhl TL (2003). Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *Am J Sports Med* 31(3):449-56.

Zerbis MK, Bencke J, Andersen LL, Døssing S, Alkjær T, Magnusson P, Kjær M, Aagaard P (2008). The effects of Neuromuscular Training on Knee Joint Motor Control During Sidecutting in Female Elite Soccer and Handball Players. *Clin J Sport Med* 18(4):329-337

Nettsider:

www.hanball.no

www.fotball.no