



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för hälsovetenskaper
Fysioterapeutprogrammet

Utbildningsprogram
Fysioterapi 180 hp

Examensarbete 15 hp
Våren 2025

Rörelsekvalitet, ground reaction force och skottprecision hos friska handbollsspelare: En tvärsnittsstudie av skillnader mellan sedvanlig träning och träning med integrerad mental träning

Författare

Elias Nilsson & Noel Levin
Fysioterapiprogrammet
Lunds universitet
el6377ni-s@student.lu.se
no6063le-s@student.lu.se

Handledare

Niklas Cederström
Postdoc
Lunds universitet
Sölvegatan 19
niklas.cederstrom@hh.se

Examinator

Jenny Älmqvist Nae
Universitetsadjunkt
Lunds universitet
Sölvegatan 19
jenny.almqvist_nae@med.lu.se

Sammanfattning

Titel

Rörelsekaraktär, ground reaction force och skottprecision hos friska handbollsspelare: En tvärsnittsstudie av skillnader mellan sedvanlig träning och med integrerad mental träning.

Bakgrund

Främre korsbandsskador är vanliga bland unga idrottare och innebär stora utmaningar både fysiskt och psykiskt. Psykologiska faktorer som rädsla för ny skada, nedsatt självförtroende och bristande motivation påverkar ofta återgången till idrott. Modellen MOTIFS (*Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Relearning*) har utvecklats för att integrera mental träning med fysisk rehabilitering för att underlätta återgång till idrott. Studien är till för att ytterligare undersöka MOTIFS potential i rehabilitering efter knäskada.

Syfte

Att undersöka om MOTIFS-modellen påverkar rörelsekaraktär, *ground reaction force* (GRF) och skottprecision i sportspecifika övningar hos friska handbollsspelare, jämfört med sedvanlig träning (*care-as-usual* (CaU)) och realistiskt utfört skott.

Metod

En 3x2 crossover-tvärsnittsstudie med 11 handbollsspelare (6 män, 5 kvinnor) genomfördes. Deltagarna utförde riktningförändringar och skott enligt tre villkor: MOTIFS, CaU, och realistiskt skott. Rörelsekaraktär bedömdes med *cutting movement assessment score* (CMAS) via videoanalys, GRF mättes med kraftplattor och skottprecision analyserades genom avstånd till en måltavla.

Resultat

En liten men icke statistiskt signifikant skillnad sågs mellan villkoren för rörelsekaraktär ($p=0.221$), GRF ($p=0.079-0.372$) eller skottprecision ($p=0.067$) i MOTIFS jämfört med CaU och vanligt skott. Dock sågs könsskillnader där kvinnor presterade generellt sämre i rörelsekaraktär och skottprecision vid MOTIFS jämfört med män.

Slutsats

MOTIFS-modellen försämrar inte rörelsekaraktär, skottprecision eller GRF signifikant och kan därför vara ett potentiellt verktyg i rehabilitering för att efterlikna sportspecifika situationer. Den bör dock inte ersätta traditionell träning i syfte att förbättra rörelsekaraktär, utan snarare fungera som ett stöd i slutskedet av rehabiliteringen. Mer forskning krävs för att förstå hur detta kan användas i en klinisk miljö.

Nyckelord

Knäskada, Motionsterapi, Psykologi, Återgång till sport, Rehabilitering

Abstract

Title

Movement quality, ground reaction force, and shooting accuracy in healthy handball players: A cross-sectional study of differences between standard treatment and integrated mental training.

Background

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are prevalent in handball and cause both physical and psychological challenges. Mental factors such as fear of reinjury, reduced self-confidence, and low motivation can hinder return to sport. The MOTIFS model (Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Relearning) was developed to integrate mental and physical rehabilitation and improve return to sport. The study aims to further investigate the potential of MOTIFS in rehabilitation after knee injury.

Aim

To examine whether the MOTIFS model affects movement quality, ground reaction force (GRF), and shooting accuracy in sport-specific drills among healthy handball players, compared to standard care and realistic shooting.

Method

A 3x2 crossover cross-sectional study was conducted with 11 handball players (6 male, 5 female). Participants performed cutting movement and shooting tasks under three conditions: MOTIFS, care-as-usual (CaU), and a realistic shot. Movement quality was evaluated using cutting movement assessment score (CMAS) screening tool via video analysis, GRF was measured with force plates, and shooting accuracy by distance from a central target.

Results

A small but not statistically significant difference was found between the conditions regarding movement quality ($p=0.221$), GRF ($p=0.079-0.372$), or shooting accuracy ($p=0.067$) in MOTIFS compared to CaU and a realistic shot. However, sex-based differences were observed, with female participants showing reduced performance in the MOTIFS condition compared to males.

Conclusion

The MOTIFS model does not significantly affect movement quality, shooting accuracy, or GRF and may be a useful tool for integrating sport-specific and psychological elements into rehabilitation. However, it should be used as a complement rather than replace conventional training. Further research is needed to evaluate its clinical relevance.

Keywords

Knee injury, Exercise therapy, Return to sport, Psychology, Rehabilitation

Innehållsförteckning

1. Bakgrund	1
1.1 Handboll och korsbandsskador	1
1.2 Prevention och rehabilitation	2
1.3 Mental träning i rehabilitering	3
1.4 Återgång till idrott	4
1.5 Motorisk inläring	5
1.6 MOTIFS	6
2. Syfte	6
2.1 Frågeställningar	6
3. Metod	7
3.1 Studiedesign	7
3.2 Deltagare	7
3.3 Tillvägagångssätt	7
3.4 Uppgiftsvillkor	8
Villkor A - MOTIFS - Riktningsförändring med boll + skott	8
Villkor B - Care as Usual - Riktningsförändring	9
Villkor C - Riktigt skott - Riktningsförändring med boll + skott	9
3.5 Rörelsekvalitet	9
3.6 Mätning av skottprecision	10
3.7 Ground reaction force	11
3.8 Etik	11
3.9 Statistisk analys	11
3.10 Arbetsfördelning	12
4. Resultat	12
4.1 Deltagare	12
4.2 Resultat	12
4.3 Könsskillnader	13
5. Diskussion	14
5.1 Rörelsekvalitet	14
5.2 Skottprecision	16
5.3 Ground reaction force	17
5.4 Metoddiskussion	18
6. Klinisk relevans	19
7. Slutsats	19
8. Referenser	20
9. Bilagor	25

1. Bakgrund

1.1 Handboll och korsbandsskador

Handboll är en av de största sporterna i Sverige och beräknas spelas av uppskattningsvis 30 miljoner spelare världen över (1). Sporten sätter stora krav på spelarna fysik och utsätter spelare för många riskfyllda moment som hopp, landning, närkampsspel och snabba riktningsförändring. De vanligaste skadorna i nedre extremitet är skador på lår, ankel och knä. Den vanligaste allvarliga knäskadan inom handboll är främre korsbandsskada (2).

Främre korsbandsskada är en allvarlig skada som framförallt drabbar unga idrottare. Skadan kan innebära att individen inte kan fortsätta med sin idrott om inte rätt behandling sätts in. Främre korsbandet är en av de främsta stabilisatorerna i knäet och motverkar framförallt en förskjutning av tibia ventralt i förhållande till femur (3). Skademekanismen är oftast vridvåld mot knäet. Ofta sker det i sporter med snabba riktningsförändringar och stopp (4). Däremot sker majoriteten av främre korsbandsskador utan någon kontakt med andra spelare, så kallade icke-kontakt skador, vilket utgör ungefär 70% av främre korsbandsskador (4). Videoanalyser har visat att majoriteten av skadorna inträffar 0 till 67 millisekunder efter kontakt med marken, ofta med fullt eller nästan fullt extenderat knä i kombination med en rotation i knäet (5).

Incidensen för isolerade korsbandsskador ligger enligt en studie kring 69 fall per 100 000 invånare (6). Svenska korsbandsregistret som samlar svensk data kring korsbandsskador har däremot på senare år visat att incidensen kan vara ännu högre, kring cirka 80 per 100 000 invånare och år (7). Incidensen hos idrottare har enligt en systematisk litteraturstudie med metaanalys mätts till 1 skada per 10 000 idrottstimmar (8). Korsbandsskador är vanliga för både manliga och kvinnliga idrottare, det har dock visat sig att kvinnor löper en 2-8 gånger så stor risk att drabbas av korsbandsskada än manliga idrottare (9). Orsaken tros bero på flera faktorer, bland annat anatomiska, hormonella och neuromuskulära skillnader. Kvinnor har en större generell laxitet vilket gör att deras knän och korsband blir mer rörliga än männens och därmed kan risken för korsbandsskador öka. Det har setts ett förändrat rekryteringsmönster hos kvinnor vid landning där quadriceps aktiveras innan hamstrings vilket ökar den tibiala translationen och därmed skaderisken (10). Icke-kontakt skador förekommer vanligtvis i rörelser som innefattar snabba inbromsningar med riktningsförändringar eller landningar. Därmed har idrotter som fotboll, basket, handboll och innebandy en hög risk för korsbandsskada. 2023 var korsbandsskada till följd av handbollsspel den femte vanligaste orsaken till korsbandsoperation och i denna grupp var andelen kvinnor nästan dubbelt så hög som andelen män (7).

Riskfyllda rörelser som riktningsförändring har setts ligga bakom 60-67% av alla icke-kontakt korsbandsskador inom handbollen (11). Bedömning av rörelse kvalitet har länge använts för att identifiera idrottare med ökad risk för korsbandsskador. Det innefattar mest att

identifiera riskfyllda moment som dynamisk knä-valgus och *knee alignment* under riskfyllda moment. Dynamisk valgus har visats kunna vara en riskfaktor bakom nästan hälften av alla korsbandsskador (12). 3D motion teknik anses vara gold standard inom bedömning av rörelsekvalitet men är en dyr och tidskrävande process (11). Därför har nya validerade screeningmetoder för att visuellt mäta rörelsekvalitet kommit fram som *Cutting movement assessment score* (CMAS)(11). Modellens bedömningspunkter utgår från riskfyllda moment som ökar den negativa effekten av marken reaktionskraft (*Ground reaction force* (GRF)) vid riktningsförändring. Exempelvis kommer den resulterande kraften löpa mer lateralt om knäet vid ökad knä-valgus. Detta ökar momentarmen och sätter knäet i en ökad risk för korsbandsskada (11). GRF är en kraft som verkar på kroppen som en reaktion av den kraft som personen utsätter marken för. Samma kraft som kommer från personen kommer att ges tillbaka i motsatt riktning från marken. GRF mäts vanligast i newton (N) (13)

1.2 Prevention och rehabilitation

Oavsett om korsbandsskadan behandlas kirurgiskt med en korsbandsrekonstruktion eller konservativt är rehabilitering en stor del av återgången till idrott. Knärehabilitering innefattar framförallt fysioterapeutiska insatser som styrke-, neuromuskulär-, funktionell- och sportspecifik träning (14). Målet med rehabilitering är att minska smärtan och återskapa styrka och funktion i knäet. Men även att adressera psykologiska faktorer kopplat till återgång till aktivitet och förhindra framtida skador. Att återställa funktionen i knäet görs bland annat genom att bygga upp styrka, stabilitet och rörlighet i knät samt dess omliggande strukturer (14)

Prevention av korsbandsskador fokuserar främst på att förhindra riskfyllda moment för skada såsom dynamisk valgus och *knee alignment* (12). Preventionsprogram brukar kretsa kring styrke-, balans-, proprioceptiv- och neuromuskulär träning. Flertalet studier och metaanalyser har visat att neuromuskulär träning är en effektiv åtgärd för att förhindra korsbandsskador med upp till 62% (15,16) Det är inte enbart korsbandsskador som kan reduceras med preventiv träning. En systematisk litteraturstudie med metaanalys visade att speciellt riktad preventiv träning kan minska risken för alla typer av skador med 40% (17).

Utöver de fysiska besvär som kan uppstå vid en korsbandsskada sker också förändringar ur den mentala aspekten. Självförtroende och generell mental hälsa har setts förändras negativt efter korsbandsskada (18). Många upplever att man mister delar av sin identitet och att relationen till sporten ändras (19). Från att starkt förknippa sig själv med sporten man utövar till att inte kunna delta under en längre period kan vara påfrestande, detta är ett stort problem för många aktiva idrottare (19). Ett större fokus på mental träning under rehabilitering kan vara ett steg för att underlätta för personer efter en korsbandsskada (20).

1.3 Mental träning i rehabilitering

I Best evidence guidelines av Filbay & Grindem läggs de upp en helhetsbild av rehabilitering efter korsbandsskada (14). Däremot handlar väldigt lite i artikeln om mental och psykologisk träning. De rekommendationer som finns gällande mental träning är att det är viktigt att ta hänsyn till psykologiska faktorer (14). Detta tyder på att kunskapen kring psykologiska faktorer kopplat till korsbandsrehabilitering eventuellt är undermålig. I en undersökning på skandinaviska fysioterapeuter ansågs det viktigt att använda målsättning, visualisering och stresshantering i rehabilitering efter knäskada (21). Trots detta var det knappt hälften som använde sig av visualisering och stresshantering regelbundet. Bristande kunskap angavs som den främsta anledning till detta. Det tyder på att det finns en kunskapslucka hos skandinaviska fysioterapeuter kring användandet av psykologiska rehabiliteringsmetoder (21).

Motivation har visats vara en viktig drivkraft för att kunna återgå till sin idrott efter en skada (18). Självbestämmandeteorin är en motivationsteori som utgår ifrån tre psykologiska behov; autonomi, kompetens och samhörighet för att skapa en inre motivation (22). Inre motivation innebär att motiveras av glädjen och viljan att utföra en uppgift för sakens skull. Detta i jämförelse med yttre motivation, vilket skapar en drivkraft baserat på externa faktorer såsom rädsla för konsekvenser eller utomstående personer (22). Enligt självbestämmandeteorin skulle en person som har delaktighet och självbestämmande kring sin rehabilitering därmed ges större möjlighet att skapa inre motivation (22).

Self-efficacy är en persons förmåga att ha tilltro till sin egen förmåga att klara av en specifik handling (23). Det beskrivs ibland som uppgiftsspecifik självförtroende och är ett viktigt begrepp inom teorier kring motivation och inlärning (23). *Self-efficacy* har även visat sig kunna ha en betydande del i rehabilitering av korsbandsskador genom att påverka kognitiva funktioner och därmed förbättra rehabiliteringen (24). Olika interventioner har visats vara användbara för att påverka dessa faktorer. En intervention av modellering, en metod inom kognitiv beteendeterapi som utgår från att imitera en bild eller rörelse, visades kunna förbättra *self-efficacy* (24). Modellering kan även ha en positiv effekt på smärta och ångest efter en rehabiliteringsperiod (24). En annan intervention med avkopplingsövningar och dynamisk motorsimulering (*dynamic imagery*) vilket är en form av visualisering där personen spelar upp scenarion i huvudet. Dynamisk motorsimulering visade sig ge bättre muskelstyrka, mindre ångest över att skadas igen och mindre smärta än hos kontrollgruppen (24). Det har även visats på att dynamisk motorsimulering har en stark positiv effekt på rädslan för att skada sig igen och att det är självförtroendebyggande (25).

Rädslan att skada sig ytterligare är stor bland många idrottare efter en allvarlig skada. Denna rädsla är vanlig direkt efter en allvarlig skada och brukar generellt minska under rehabiliteringsfasen, för att sedan öka vid återgång till idrott (26). Om denna rädsla går oupptäckt kan det likna kinesiofobi, det som brukar kallas rörelserädsla (26). Det innebär att när en person upplever stark smärta kan en negativ tankeprocess eller katastroftankar göra att man undviker rörelser och beteenden som tros skapa mer smärta (27). Detta kan istället

förvärra smärtan och leda till att man inte använder kroppsdelens vilket i sin tur kan leda till ökad funktionsnedsättning och depression (27). Till skillnad från modeller kring *fear-avoidance model* och kinesiofobi som oftast är smärtrelaterade, har idrottares rädsla förmodligen mer av en psykologisk bakgrund där smärta i sig inte är den primära rädslan utan handlar mer om en rädsla för att skada sig igen (26). En ökad rädsla för att skada sig igen har visats förändra muskulär uthållighet, muskelaktivering och knästabilitet vilket kan leda till en faktiskt skada (26). Denna rädsla kan ha negativ påverkan på rehabilitering och bör behandlas med psykologiska interventioner (26).

1.4 Återgång till idrott

Återgång till sin idrott efter en korsbandsskada är ett viktigt mått för att bedöma resultatet av rehabiliteringen eftersom majoriteten av korsbandsskador sker i samband med idrottsutövande (7).

Studier har visat att i genomsnitt återgår 81% av de som genomgår en korsbandsrekonstruktion till någon form av sport, 65% återgår till samma nivå som innan korsbandsskadan, men endast 55% av elitidrottare återgår till sin idrott (28). Symmetrisk hoppförmåga och en positiv psykologisk respons (vilja att återgå) sågs gynna återgången till idrott (28). Liknande siffror har visats i andra studier där 83% återgick till någon form av idrott innefattande riskfyllda vridmoment i knäet och 53% återvände till idrott på samma nivå som innan skadan (29). Av de som återgick till idrott på samma nivå som tidigare råkade 41% ut för ytterligare en korsbandsskada. 30% av dessa var kontralaterala skador och 11% var reruptur (29).

En enkätstudie undersökte faktorer till varför patienter med korsbandsskada återgick eller inte återgick till sin idrott efter skadan. Bland deltagare som inte återgått uppgavs bristande tilltro till knäet och rädsla för ny skada som främsta orsaker till att inte gå tillbaka till sin sport (30). Det finns ett samband mellan god fysisk knäfunktion och återgång till sport. Trots det svarade deltagarna i enkäten att fysisk funktion enbart var tredje anledningen till att inte gå tillbaka (30). Detta stöds av andra studier som också visat på bristande självförtroende, tveksamhet och en rädsla för att skada sig igen som anledningar att inte återgå till idrott (31, 32). Samtidigt bland dem som hade återgått sågs att de svarade högre på de psykologiska resultaten. Bland annat högre *self-efficacy*, mindre rädsla för att skada sig igen och bättre självskattad knäfunktion (30). Detta tyder på att mer fokus bör läggas på mentala faktorer och psykologiska interventioner då rädslan för att skada sig igen eventuellt är en underskattad faktor för att idrottare ska kunna återgå till sin idrott (33).

1.5 Motorisk inlärning

Optimizing Performance Through Intrinsic Motivation and Attention for Learning (OPTIMAL) är en teori för motorisk inlärning skapad av Wulf et. al (34). Teorin utgår ifrån att motivation och ett externt fokus på en uppgift ska vara mer effektivt för motorisk inlärning. Externt fokus betyder att den mentala bilden läggs på vad som kommer att utföras snarare än hur det ska utföras. Att skifta fokus från den egna kroppen (internt) till den önskade effekten av rörelsen (externt) har visat kunna förbättra prestation och inlärning. Externt fokus har visat förbättrad pricksäkerhet vid både golfspelande och kastande, och har även setts kunna förbättra balans, kraftutvinning och koordination (34).

OPTIMAL PREP (*Prevention, rehabilitation, exercise, play*) är en prevention och rehabiliteringsmodell som utgår från OPTIMAL och använder sig av teorin för att främja skadeförebyggande neuoplastiska förändringar i hjärnan (35). Efter korsbandsskada och rekonstruktion har det setts förändringar i centrala nervsystemet flera år efter skadan (35). OPTIMAL PREP kan då förbättra den motoriska inläringen och utgår från tre pelare. De tre pelarna är ökade förväntningar, autonomi och extern fokus. Ökade förväntningar syftar till att försöka öka självförtroendet hos individen som ska tillbaka till sin idrott. Bra självförtroende har setts kunna förbättra motorisk prestation hos ungdomar (31). Autonomi är viktigt för individen då det anses vara ett psykologiskt och biologiskt behov som främjar motivation. Att kunna ge individer en viss nivå av självbestämmande har visats kunna öka motivation, *self-efficacy*, livskvalitet och motorisk inlärning (35). Den sista pelaren är externt fokus. Den utgår från samma teori som ovan där ett extern fokus har setts vara bättre än internt fokus vid utförande av olika moment (35).

OPTIMAL går hand i hand med liknande teorier kring motorisk inlärning. *The constrained action hypothesis* utgår ifrån att ett internt fokus på en rörelse kan hindra automatiska processer som normalt sett reglerar rörelsen; ett extern fokus kan göra att kroppen organiserar sig och utför rörelsen med större precision (36). Även *Theory of reinvestment* utgår från samma teori, det vill säga att extern fokus ska vara bättre än ett internt fokus vid motorisk inlärning (37). I praktiken skulle det kunna anses vara skillnad på att fokusera på aktivering av specifika muskler, vilket kan resultera i onaturliga rörelser. Jämfört med att fokusera på att uppnå ett visst mål, vilket kan leda till en rörelse som är mer optimal för den tänkta situationen. Dessa teorier kopplas till automatisering av rörelser och hur de kan förbättra prestation och rörelse kvalitet genom att framhäva en mer reflexmässig process som ger snabba och precisa rörelser (34).

Automatisering av rörelser har setts kunna förbättras med psykologiska interventioner som att använda ett mer externt fokus (34, 37). Externt fokus skulle därmed kunna vara ett sätt att göra rehabiliteringsövningar mer idrottsspecifika och öka automatisering, vilket kan bidra till en känsla av att vara mer förberedd inför återgång till idrott.

1.6 MOTIFS

Majoriteten av studier som kopplar samman psykologiska och fysiska faktorer i korsbandsrehabilitering görs i separata interventioner för att undersöka effekten. *Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Re-Learning* (MOTIFS) modellen använder ett unikt holistisk synsätt där fysisk rehabilitering kombineras med psykologisk träning (38). Modellen individualiserar rehabiliteringen och ökar centrala nervsystemets påverkan genom visualisering. Visualisering bygger på dynamisk motorsimulering (*dynamic motor imagery*) och använder patientens egna erfarenheter och upplevelser för att skapa en inre bild och därmed individualisera den psykologiska träningen (39). MOTIFS utgår ifrån *physical, environmental, task, timing, learning, emotion, and perspective* (PETTLEP) modellen av dynamisk motorsimulering för att skapa en rörelse som är mer funktionellt likvärdig en riktigt sport-specifik situation (40). Alla dessa aspekter fungerar som en förstärkning av den situation som ska föreställas. Genom att diskutera dessa aspekter med sin deltagare görs interventionen mer realistisk och individualiserar träningen (38).

MOTIFS är inspirerad av OPTIMAL med tanke att ge ett ökat externt fokus och öka automatiseringen av rörelser, vilket visats vara positivt för inlärning (38). Tanken är att modellen kan öka patientens psykologiska beredskap att återgå till träning och samtidigt förbättra muskulär funktion på ett mer effektivt sätt än enbart neuromuskulär träning (38). Modellen använder sig av principer inspirerade av självbestämmandeteorin och ämnar skapa inre motivation genom att använda patientens egen kompetens samt känna delaktighet och autonomi i sina rehabiliteringsövningar. Genom diskussioner med patienten om dennes erfarenheter och övningarnas relevans till idrotten (38). Tidigare studier på enklare övningar har visat att MOTIFS upplevs som mer meningsfullt än vanlig rehabilitering av både patienter och fysioterapeuter (41). Detta visade sig även vara positivt för patienters upplevelse av rehabilitering då det ledde till en känsla av mer kontroll och en bättre psykologisk respons till träningen. Trots att den visat sig vara positiv vid enklare övningar har ingen studie använt MOTIFS modellen där övningarna och rörelserna är mer fysiskt krävande (41).

2. Syfte

Att undersöka om MOTIFS-modellen påverkar rörelsekvalitet, ground reaction force (GRF) och skottprecision i sportspecifika övningar hos friska handbollsspelare, jämfört med sedvanlig träning (*care-as-usual* (CaU)) och realistiskt utfört skott.

2.1 Frågeställningar

- Förändras rörelsekvalitet och *ground reaction force* vid sportspecifik träning med integrerad fysiskt och mental träning jämfört med sedvanlig träning?

- Förändras skottprecision vid integrerad fysiskt och mental träning jämfört med ett vanligt, realistiskt utfört skott?
- Finns det könsskillnader inom rörelsekaraktär, *ground reaction force* och skottprecision?

3. Metod

3.1 Studiedesign

3x2 crossover- tvärsnittsstudie som utförts vid ett tillfälle med randomiserade villkor där sista villkoret alltid är samma med en återställningsperiod på ca 5-10 minuter.

3.2 Deltagare

Manliga och kvinnliga handbollsspelare 16 år och äldre med minst 3 års handbollserfarenhet, som är aktiv eller varit aktiv senaste året inkluderades i studien. Deltagare med smärta, skada eller andra problem som hindrar dem från att utföra hopp och sidledsförflyttningar exkluderades. Icke-skadade personer undersöktes för att i ett första skede undersöka rörelsekaraktär utan att begränsas av fysiska hinder. Deltagarna rekryterades från handbollsklubbar och bland universitetsstudenter i och runt Lund. Rekrytering av deltagare gjordes gemensamt med handledare Niklas Cederstöm. I samband med testtillfället samlades demografisk data in i form av ålder, längd, vikt, handbollserfarenhet i år, träningstimmar per vecka samt kön.

3.3 Tillvägagångssätt

Deltagarna fick information om denna studie via telefon eller på plats vid handbollsträning. Ett möte bokades in via telefon vilket möjliggjorde att undersöka om individen uppfyllde kraven för att få vara med i studien.

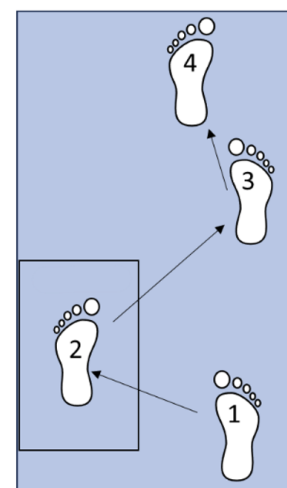
Den cirka 60 minuter långa datainsamlingen började med muntlig och skriftlig information samt informerat samtycke. Längd och vikt mättes innan uppvärmningen påbörjades. Uppvärmningen var varierad med övningar för under - och överkropp med fokus på att öka blodtillförsel och aktivera muskler kring framförallt axlar samt öka pulsen, uppskattad ansträngning cirka 10-13 enligt Borgs RPE-skala (42). Exempel på övningar var utfallsteg, knäböj, upphopp och handbollsspecifik uppvärmning för överkropp med gummiband. Efter uppvärmning började testerna, enligt den randomiserade ordningen. Deltagarna utförde samma riktningförändring enligt tre olika instruktioner (villkor). Efter att första villkoret var avklarat fanns det tid för återhämtning i 5-10 minuter för att varva ner och släppa tankarna på förra momentet. Deltagarna upprepade sedan processen med andra villkoret och utförde nästa randomiserade träningsform. Det cirka 60 minuter långa testtillfället avslutades när alla tre

villkor var genomförda. Protokollet är skapat av Cederström med kollegor (43, personlig kontakt med Niklas)

3.4 Uppgiftsvillkor

Villkor A görs enligt MOTIFS-modellen, villkor B görs enligt sedvanlig träning (*care-as-usual* (CaU)), villkor C är ett realistiskt utfört skott. I denna studie fungerar villkor C bland annat som kontroll där varje deltagare gör rörelsen helt utan instruktioner från testledaren. Detta eftersom det inte finns någon standardiserad definition av hur en riktningsförändring inom handboll "bör" se ut. Ordningen på utförandet av MOTIFS- och CaU-villkoren är randomiserad med hjälp av randomiseringsmodulen tillgänglig från REDCap, ett verktyg för elektronisk datainsamling, som tillhandahålls av Lunds universitet (44). Det realistiskt utförda skottet utförs sist för att säkerställa att det inte uppstår någon övergångseffekt från den verkliga idrottssituationen. För varje villkor utförs fem repetitioner.

Uppgiften som utförs är densamma för alla tre villkor, en riktningsförändring (Figur 1). Patienten börjar med att få upp fart och inleder därefter rörelsen. Rörelsen består av ett förberedande steg följt av en uppskattningsvis 90° riktningsförändring på deltagarens rapporterade "hoppben". Riktningsförändringar följs av ett eller två steg och sedan ett upphopp, även detta på deltagarens "hoppben". Denna uppgift är baserad på handbollsspecifik rörelse (stegsättning), bekräftad genom diskussion med erfarna handbollsspelare, där en spelare skulle röra sig mot mål, där de avser att skjuta, och göra en riktningsförändring runt en motståndare. Det steget där riktningsförändringen sker (step 2) är det primära steget i riktningsförändringen, vilket ofta anses vara en betydande faktor för skaderisk i riktningsförändringar (45).



Steg 1: Förberedande steg
Steg 2: Riktningsförändrande steg
Steg 3: Förberedande steg
Steg 4: Hopp

Figur 1: Riktningsförändring

Villkor A - MOTIFS - Riktningsförändring med boll + skott

Deltagaren är uppmuntrad att göra rörelsen så realistisk som möjligt. Detta genom att först ge instruktioner till deltagaren gällande korrekt utförande av uppgiften enligt principer för rehabilitering och prevention (CaU). Därefter sker en diskussion med deltagaren utifrån PETTLEP-modellen kring dynamisk motorsimulering för att skapa en visualisering hos deltagaren (40). Diskussionen gjordes primärt av Niklas men med stöd av författarna till detta arbete. Fokus för villkor A ligger på korrekt utförandet (enligt principer för rehabilitering och prevention), teknik, realistisk utförande, timing och känslor (Fysiskt och psykologiskt stimuli) under hela utförandet. En handboll och ett skottmoment för att förstärka känslan av ett realistiskt utförande används i detta villkor. En representation av ett mål (en måltavla tejpade på ett mål) sätts upp för att ytterligare förstärka känslan av ett realistiskt utförande. Instruktionerna är tydliga med att bibehålla god rörelsekaraktär, men även att tänka sig in i situationen så mycket som möjligt för att öka realismen.

Villkor B - Care as Usual - Riktningsförändring

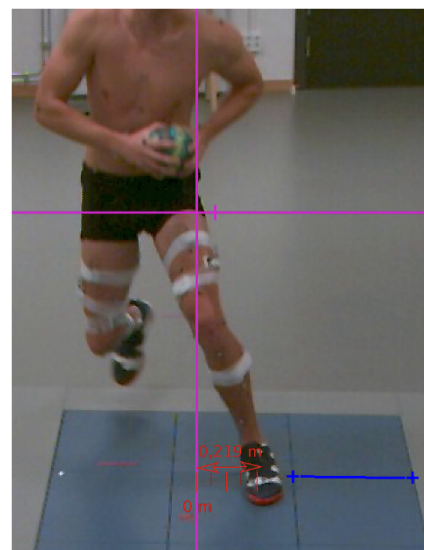
Uppgiften görs enligt principer för *care as usual* (CaU) och har ett primärt fokus på korrekt utförande (fot-, knä- och höftpositionering) enligt principer för rehabilitering och prevention. Inga sportspecifika instruktioner ges till deltagaren under detta villkoret. Fokus för villkor B är korrekt utförande utifrån ett fysioterapeutisk perspektiv.

Villkor C - Riktigt skott - Riktningsförändring med boll + skott

Deltagarna gör uppgiften med syfte att utföra en så realistisk riktningsförändring och skott som möjligt. Inga instruktioner ges till deltagaren mer än “gör som vanligt” för att göra rörelsen till en så handbollsspecifik rörelse som möjligt. Fokus för villkor C är enbart på ett realistiskt utförande av ett skottmoment. Även här används boll och mål för att förstärka realistiskt utförande. Deltagarna är instruerade att utföra rörelsen så som det skulle göras på en match eller träning.

3.5 Rörelsekvalitet

Rörelseanalysen görs genom visuell videoanalys av riktningsförändringen i villkor A och B. Videorna tas genom två kameror som filmar (sagittal- och frontalplan) med fokus på momentet då riktningsförändringen sker. Denna studien använder en modifierad version av *Cutting Movement Assessment Score* (CMAS), en validerad metod för att bedöma rörelsekvalitet vid riktningsförändring samt göra riskbedömning för knäskada (11). Åtta olika bedömningspunkter (Tabell 1) bedöms på en skala från 0 till 2. Majoriteten av bedömningspunkterna bedöms genom ja/nej och kan därför ge 0 eller 1 poäng. “Lateralt avstånd mellan fot och höft vid fotisättning” samt “bålposition i frontalplan” bedöms med beskrivna kriterier och kan ge 0, 1 eller 2 poäng. Högre totalpoäng är generellt en indikation på suboptimal teknik och en högre risk för knäskada utan kontakt. (11) Bedömningen genomförs på alla fem individuella försök för villkor A och B för att få fram ett genomsnittligt score för rörelsekvalitet. Bedömningen gör författare NL och EN separat. Om det skiljer sig i bedömning sker en diskussion mellan författarna tills en överenskommelse om poängen är nådd. Genomsnittet över de 5 individuella försöken på varje villkor blir bedömningen för rörelsekvalitet. Enligt författarna till CMAS-protokollet kan indelningen ≥ 7 , 4–6, och ≤ 3 totalpoäng användas som riktmärken för att klassificera idrottare med hög, måttlig eller låg risk för knäskador, där ≥ 7 poäng är associerat med en hög risk, 4–6 en måttlig risk och ≤ 3 en låg risk (11). *Tracker video analysis*, ett gratis videoanalysprogram, används för att



Figur 2: Mätning av rörelsekvalité. Användning av bild är godkänt av försökspersonen. Blått streck: Kalibreringsstav. Rosa streck: Referenslinje, används för att uppskatta trochanter majors position. Rött streck: Mätverktyg för att se laterala avståndet mellan foten och höften.

underlätta videoanalysen genom att kunna spela upp i olika hastigheter, bild för bild samt använda funktioner för videoanalys. Vid avståndsmätning användes en kalibreringstav, ett mätverktyg samt en referenslinje. Avståndsmätning behövdes då bedömningskriterier såsom “lateralt avstånd mellan fot och höft vid fotisättning” krävde ett avstånd för att kunna bedömas (Figur 2). Vid rörelseanalysen mättes bredden på kraftplattan för att sedan kunna applicera kalibreringstaven i samma riktning. Appliceringen av kalibreringsstaven gjordes i samma höjd som försökspersonen fot vid riktningsförändringen för att motverka att djupet i filmen skulle påverka det verkliga avståndet.

Tabell 1

Bedömningspunkter från cutting movement assessment score (CMAS)

Lateralt avstånd mellan fot och höft vid fotisättning

Höft i inåtroterad position

Initialt knä-valgus position

Fot ej i neutral position

Bålposition i frontalplan

Bål upprätt eller bakåtlutad genom markkontakt

Begränsad knäflexion

Knä-valgus position under vikt bärande

3.6 Mätning av skottprecision

En duk med måltavla spänns upp mitt i målet för att kunna mäta precision (Figur 3). En GoPro Hero10 + Black (GoPro Inc., San Mateo, USA, California) kamera filmar måltavlan rakt framifrån vid alla skottförsök (120 FPS). Utifrån bollens mittpunkt, där den träffar duken, mäts avståndet till centrum av måltavlan. *Tracker video analysis* kalibreringsverktyg, måttband och koordinataxlar används för att uppskatta avståndet från bollens mitt till centrum av måltavlan (figur 3). Fem individuella försök i både villkor A och C mäts. Författare NL och EN gör varsin mätning av alla skottförsök. Skiljer det mer än 5 cm mellan mätningarna görs en gemensam ommätning. Skiljer det mindre än 5 cm används genomsnittet av de två mätningarna för varje enskilt skottförsök. Genomsnittet för de fem individuella skotten för varje villkor är bedömningen för skottprecision.



Figur 3: Mätning av precision

Blått streck: Kalibreringsstav

Rosa streck: Referenslinje, Visar där bollen träffade duken

Rött streck: Mätverktyg för att avgöra avstånd från mittpunkt

3.7 Ground reaction force

Maximal *ground reaction force* (GRF) mäts med hjälp av fyra *AMTI 4060* kraftplattor (AMTI, USA), som spelar in 100 Hz. GRF-värdet registreras vid den maximala kraften vid den initiala kontakten med kraftplattan, då risken för korsbandsskador är som störst. Forskning har visat att korsbandsskador ofta inträffar mellan 0 och 67 ms efter den initiala markkontakten vid landning eller riktningförändringar (5). Den maximala GRF beräknas manuellt av författarna via Qualisys datorprogram (QTM Qualisys AB, Göteborg, Sverige, v.2024.3) genom att läsa av det högsta värdet vid den initiala kontakten. Detta gjordes genom att läsa av kraftgrafen i Qualisys datorprogram för att författarna skulle kunna sammanställa ett medelvärde för varje individ och riktning för alla 5 test. Mätningen gjordes i tre separata riktningar; vertikalt, mediolateralt samt posterior-anteriort och presenteras i newton (N).

3.8 Etik

Studien har granskats och godkänts av etikprövningsmyndigheten (DNR 2018/161; 2019/03154; 2023-02401-02). Fysisk träning kommer med risk för skador. Bedömningen är att deltagarna är vana vid övningarna och rörelserna i studien samt att de är mindre krävande och mer kontrollerat än deltagarnas vanliga tränings- och matchspel. Deltagarna som uppfyllde kraven och ville vara med fick ett kodnummer för att säkerställa anonymitet. Datan och resultat presenteras på gruppnivå för att motverka att individer inte ska kunna identifieras. Deltagaren fick också en lämplig uppvärmning med handbollsspecifika övningar. Till följd av detta anser vi att risken för skada genom deltagande i studien är låg. Deltagarna är försäkrade via Lund universitet. Datainsamlingen innefattar även insamling av kön, ålder, vikt och längd, dessa används enbart för deskriptiv statistik. Alla personliga uppgifter hanteras enligt GDPR för att säkerställa deltagarnas anonymitet i testet.

3.9 Statistisk analys

Efter gemensam analys av rörelsekvalitet och skottprecision fördes all statistik manuellt in i Microsoft excel för att bearbetas. För att jämföra hela gruppen gjordes T-test på resultatet i MOTIFS jämfört med CaU för att få fram p-värde för rörelsekvalitet, och *ground reaction force*. För skottprecision jämfördes MOTIFS med det vanliga skottet. Medelvärde och standarddeviation har använts för all deskriptiv data medan p-värde användes för all analytisk statistik. En signifikansnivå på 5% användes. För att undersöka skillnader mellan könen gjordes samma t-test för att jämföra männens och kvinnornas resultat separat. Presentationen görs i form av tabeller och fri text.

En förbättring i rörelsekvalitet har klassificerats som lägre CMAS-score vid MOTIFS jämfört med CaU. En förbättring i skottprecision har klassificerats som ett lägre genomsnittsvärde vid MOTIFS jämfört med vanliga skotten. Vid GRF har ett högre värde klassificerats som en förbättring.

3.10 Arbetsfördelning

Detta arbete har tagit del av data från ett forskningsprojekt på Lund universitet med godkännande av etikprövningsmyndigheten där Niklas Cederström är projektkoordinator och Eva Ageberg är ansvarig forskare. Studiedesign och tillvägagångssätt är skapat av Cederström (personlig kontakt). Vår roll har bestått av anpassa metoden och tillvägagångssätt utifrån en fysioterapeutisk synvinkel samt erfarenheter av handboll och handbollsspecifika rörelser. Rekrytering av deltagare samt datainsamling har skett gemensamt med Niklas. All datahantering och analys av data är utfört av författarna EN och NL.

4. Resultat

4.1 Deltagare

Deltagaren bestod av totalt 11 personer, sex män och fem kvinnor (Tabell 2). Två av dessa var vänsterhänta och hade höger som hoppben medan resterande nio var högerhänta med vänster som valt hoppben.

Tabell 2

Demografisk data för samtliga deltagare samt för män och kvinnor separat

Urval	Samtliga deltagare n=11	Män n=6	Kvinnor n=5
Ålder (år)	21,2 (2,16)	20,2 (2,5)	22,2 (2,6)
Vikt (kg)	78,6 (13,4)	87,6 (7,9)	67,7 (10,3)
Längd (cm)	179 (10,8)	186,3 (3,9)	170,1 (9,7)
Handbollserfarenhet (år)	12,6 (3,4)	10,4 (2,9)	14,8 (2,5)
Träningsstimmar / vecka (timmar)	7,6 (2,1)	7,6 (2,7)	7,6 (1,7)

Datan presenteras med medelvärde och standarddeviation (SD)

kg – Kilogram

cm- Centimeter

sd – Standarddeviation

4.2 Skillnader i MOTIFS jämfört med sedvanlig träning och vanligt skott

Resultaten visade inga statistiskt signifikanta skillnader i totalvärde för rörelsekvaliteten mellan CaU (4,09, SD 1,19) och MOTIFS (4,53, SD 1,57). Ingen signifikant skillnad i skottprecision mellan vanligt skott (0,23cm, SD 0,06) och MOTIFS (0,30cm, SD 0,11) sågs. Ingen signifikant skillnad i GRF mellan MOTIFS och CaU sågs. Tabell 3 är en sammanställning av genomsnittsvärde för rörelsekvalitet, skottprecision samt GRF för samtliga deltagare. Bilaga 1 visar trenddiagram för samtliga deltagare vid alla skott.

Tabell 3

Resultat av rörelsekaraktär, skottprecision och GRF för samtliga deltagare vid MOTIFS, CaU och vanligt skott

	MOTIFS	Care-as-usual	Vanligt skott	Skillnad	P-värde	Förbättring n (%)	Ingen skillnad n (%)
	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)			
Rörelsekaraktär n = 11	4,53 (1,57)	4,09 (1,19)		0,44 (1,10)	0,221	3 (27)	3 (27)
Skottprecision (m) n = 11	0,30 (0,11)		0,23 (0,06)	0,08 (0,12)	0,067	3 (27)	0 (0)
GRF Vertikalt (N) n = 7	2241	2075		166 (546)	0,372	2 (29)	0 (0)
GRF Mediolateral (N) n = 7	902	811		91 (113)	0,079	5 (71)	0 (0)
GRF Anteriort-posteriort (N) n = 7	470	359		111 (219)	0,228	5 (71)	0 (0)

m = meter

N = Newton

Förbättring (%) är antalet deltagare som visade ett förbättrat resultat vid MOTIFS jämfört med de andra villkoren. Ingen skillnad (%) är dem som visade samma resultat i MOTIFS jämfört med de andra två villkoren.

4.3 Könsskillnader

Vid jämförelse av rörelsekaraktär mellan könen kunde en skillnad vid CaU ses, där kvinnor i snitt hade 0,24 poäng bättre än männen. Vid villkoret då MOTIFS tillämpades förändrades resultat hos respektive kön. Männen förbättrade sin score med 0.1 poäng i genomsnitt medan kvinnorna såg en försämring med 1.08 poäng i genomsnitt. I MOTIFS hade männen 0,94 poäng bättre än kvinnorna (tabell 4).

Vid skottprecision sågs en signifikant skillnad där kvinnorna i genomsnitt hade 0.15m bättre precision i vanliga skottet jämfört med MOTIFS ($p = 0.028$). Ingen signifikant skillnad sågs på rörelsekaraktär hos kvinnorna ($p = 0.158$)

Det sågs ingen signifikant skillnad vad gäller rörelsekaraktär ($p = 0.541$) eller skottprecision ($p = 0.746$) vid jämförelse mellan MOTIFS och CaU hos männen.

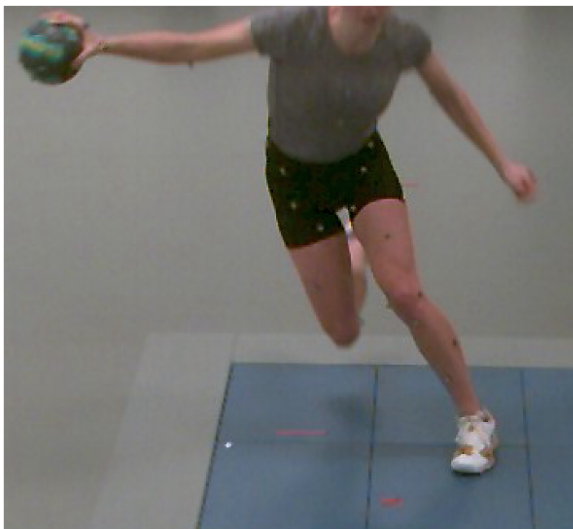
Ground reaction force kunde inte jämföras för att det finns otillräckligt med data på GRF för att få ett rättvist resultat; det finns en viss avsaknad av data av praktiska skäl då datainsamlingen fortsatte och all data inte var insamlad inför dataanalysen.

Tabell 4

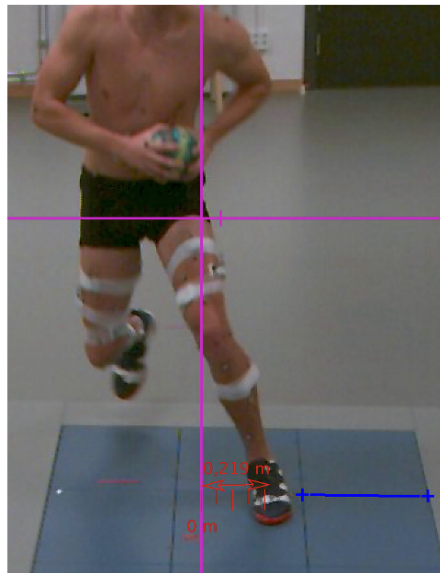
Resultat av rörelsekaraktär och skottprecision för män och kvinnor separat vid MOTIFS, CaU och vanligt skott

Män n=6					Kvinnor n=5			
	MOTIFS	Care-as-usual	Vanligt skott	P-värde	MOTIFS	Care-as-usual	Vanligt skott	P-värde
	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)		Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)	Medelvärde (SD)	
Rörelsekaraktär	4,1 (1,21)	4,2 (1,30)		0,541	5,04 (1,93)	3,96 (1,17)		0,158
Skottprecision (m)	0,24 (0,08)		0,23 (0,07)	0,746	0,38 (0,10)		0,23 (0,05)	0,028

En observation som gjordes var att kvinnorna generellt visade ett annat rörelsemönster än männen. När bollen lades till under MOTIFS hade vissa av kvinnorna en tendens att lyfta mer på armen och hålla bollen bort från kroppen under riktningsförändringen (Figur 4). Medan männen hade en tendens att ha bollen närmare kroppen (Figur 5).



Figur 4: Bollposition
Användning av bild är godkänt av försökspersonen.



Figur 5: Bollposition
Användning av bild är godkänt av försökspersonen.

5. Diskussion

Resultaten visade inga signifikanta skillnader i rörelsekaraktär, *ground reaction forces* eller skottprecision mellan de olika villkoren när man kollade på hela urvalsgruppen. Dock verkar det som att kvinnliga deltagare hade större skillnader i skottprecision och rörelsekaraktär mellan de olika träningsformerna. Däremot är antalet deltagare för få för att kunna dra större slutsatser. Fler och större studier behövs för att kunna dra sådana slutsatser.

5.1 Rörelsekaraktär

Resultaten visade inga signifikanta skillnader mellan villkoren. Däremot sågs en liten försämring av rörelsekaraktär under MOTIFS jämfört med CaU. Detta skulle kunna liknas med andra studier som sett en ökning av riskfyllda positioner såsom ökad dynamisk knä-valgus och minskad knäflexion när uppmärksamheten är delad, så kallad *dual-task* (46). Tanken med MOTIFS är att träna förmågan att klara flera uppgifter samtidigt och göra detta med god rörelsekaraktär, visualisering och realistisk utförande. Studier har visat att förmågan att utföra *dual-task*-moment är försämrade hos personer med korsbandsskador jämfört med friska personer (47). Idrottare tenderar även oftare att drabbas av korsbandsskador när uppmärksamheten är delad som i *dual-task*. Detta tyder på att det kan finnas klinisk relevans i att träna upp denna förmåga hos personer som rehabiliterar sin korsbandsskada (47). En studie har föreslagit att neurokognitiva utmaningar bör integreras i rehabilitering och

utvärdering inför återgång till idrott. Syftet är att träna förmågan att hantera flera uppgifter samtidigt, vilket bättre förbereder idrottare för att återgå till sin sport (48).

CMAS är ett validerat verktyg för screening av riktningsförändringar (11). Den utgår ifrån en riktningsförändring som är mellan 30-90° och sker efter en rak löpning. I vår studie uppskattar vi att riktningsförändringen är >90°. Detta för att den handbollspecifika rörelsen “stegisättning”, har som syfte att finta motståndare. Det gör att första steget i riktningsförändringar (step 1→2, figur 1) blir längre och mer diagonalt än i CMAS. Detta leder till en högre utfallsvinkel i själva riktningsförändringar (step 2→3, figur 1). Detta tror vi påverkar poängen för rörelsekvaliteten genom att det ställs högre krav på fot, knä och höft för att motverka kraften åt sidan och skapar en högre vinkel i riktningsförändringen. En studie har tittat på vilken påfrestning som knäet utsätts för vid olika utfallsvinklar vid riktningsförändring. Det sågs att det ställs högre kinetiska och kinematiska krav på knäet vid högre vinklar. Det gör att en högre vinkel utsätter knäet för ökad belastning och riskfyllda positioner (49). Detta skulle kunna påverka vissa bedömningspunkter i CMAS såsom “lateralt avstånd mellan fot och höft vid fotisättning”, “initial knä-valgus position och “Bålposition i frontalplan”.

“Bålposition i frontalplan” definieras som att överkroppen är lateralflekterad över stödjeplanet när foten får kontakt med marken eller när benet är viktbärande under hela rörelsen (11). Samtliga deltagare fick maximal poäng för “bålposition i frontalplan” vid alla försök, det vill säga sämre rörelsekvalitet enligt CMAS, både vid MOTIFS och CaU. Detta tror vi kan ha en biomekanisk förklaring då de kinematiska kraven ökar vid ökad utfallsvinkel. Det leder till att tyngdpunkten måste förflyttas närmare understödsytan för att undvika att tappa balansen under rörelsen. Maxpoängen kan också ha en förklaring i rörelsens syfte, det vill säga att lura en motståndare. Att överdriva rörelsen med överkroppen för att lura motståndaren åt fel håll är en vanlig strategi. Poängen för enbart “Bålposition i frontalplan” stod för nästan 50% av genomsnittspoängen i MOTIFS (44%) och CaU (49%). Med detta i åtanke finns en rimlig synpunkt i att man eventuellt skulle kunna utesluta poängen för “bålposition i frontalplan” eftersom vi ser det som ett rörelsemönster som är nödvändigt för att upprätthålla balansen under rörelsen.

Värt att ha i åtanke är att vissa av bedömningspunkterna i CMAS är associerat med en bättre prestation. Ett längre ingångssteg (“lateralt avstånd mellan fot och höft vid fotisättning”) har visat ge högre hastighet ut från en riktningsförändring (11). Samt en minskad knäflexion har visat ge kortare kontakt med marken och därmed snabbare frånskjut (11). Det är viktigt att ha med sig att det finns en *trade-off* mellan prestation och skaderisk (11). I idrottssammanhang måste man därför ibland utsätta sig för ökad risk för att kunna vinna en fördel i exempelvis ökad acceleration och explosivitet.

När det gäller könsskillnader observerades den största skillnaden mellan män och kvinnor i resultaten från MOTIFS. Männen uppnådde en liten förbättring i sitt resultat, medan kvinnorna visade en försämring jämfört med CaU. Ingen signifikant skillnad sågs men trenden var att kvinnor generellt hade sämre rörelsekvalitet jämfört med männen i MOTIFS.

En studie tittade bland annat på dynamisk valgus hos män och kvinnor under rörelser på ett ben, och fann att kvinnor hade en högre tendens att uppvisa dynamisk valgus än män (50). Det har även setts i studier att kvinnor tenderar att få en större försämring av motorisk förmåga vid *dual task* jämfört med män. Framförallt gällande fart och muskelkraftutveckling som påverkas mer negativt vid *dual task* (51). Detta skulle kunna förklara skillnaden mellan könen under MOTIFS.

En observation gjordes om att kvinnor hade en större tendens att ha bollen långt från kroppen under riktningsförändringen (figur 4), jämfört med männen (figur 2). Anledningen till varför är högst oklar. En tanke är att samma bollstorlek användes för båda grupperna. Bollen kan ha varit för stor för kvinnorna och för att minska risken för att tappa den vid kaströrelsen placeras den omedvetet högre för att underlätta kastet. Det skulle även kunna bero på olika handbollsutbildningar där tjejer och killar eventuellt lärs ut olika tekniker från ung ålder. Oavsett vad skillnaden beror på leder denna position till en förändring av tyngdpunkten. Detta kan då leda till att det ställs högre krav för fot, knä och höft vilket skulle kunna resultera i sämre rörelsekvalitet jämfört med CaU.

5.2 Skottprecision

Resultatet visade på en icke signifikant försämring av skottprecision vid MOTIFS i jämförelse med ett vanligt skott. En observation under datainsamlingen var att deltagarna hade lättare för att träffa bra på tavla vid det vanliga skottet. Detta skulle kunna bero på flera faktorer såsom avsaknad av handbollsklister, delat fokus och en inlärningsprocess. En åsikt som majoriteten av deltagarna lyfte fram var att det var ovant för dem att använda boll utan klister. I handboll är det tillåtet att använda så kallat handbollsklister för att få bättre grepp om bollen samt skjuta och passa med högre kraft och precision. Detta kan ha bidragit till den inlärningsprocess vi såg. Potentiellt tar det ett par skott för handbollspelarna att vänja sig vid att skjuta utan klister.

Enligt *Constrained action hypothesis* kan internt fokus hindra automatiserade rörelser och därmed försämrar motorisk kontroll (52). Vid vanliga skottet var allt fokus på att träffa bra på tavlan (extern fokus). Medan i MOTIFS var fokuset delat, dels på att utföra rörelsen så korrekt som möjligt (intern fokus), utföra dynamisk motorsimulering men även att träffa bra på tavlan (*dual task* och extern fokus). En studie som undersökte precision på dartkast såg att precisionen blev sämre vid ökad kognitivt stimuli (*dual task*) (53). Det kan därför finnas relevans för att använda sig av MOTIFS och skottmoment i rehabilitering för att träna denna förmåga att kunna prestera även under *dual-task*-uppgifter som ofta uppstår under idrott.

En svaghet med studiens metod kopplat till precisionen är att det vanliga skottet alltid var det sista villkoret som utfördes. Detta eftersom sista villkoret alltid var densamma. Därför var MOTIFS-skotten de första fem skotten som varje deltagare sköt och vanliga skotten de sista fem, detta gällde för samtliga deltagare. Bilaga 1 visar trenden för genomsnittet av dessa 10 skott för samtliga deltagare. Det verkar enligt grafen finnas en inlärningsprocess. Där kan

man se att skotten gradvis blir bättre desto fler skott som skjuts. Testningen innefattade en eller flera test-repetitioner så att deltagaren kunde känna på rörelsen, uppgiften och bollen. Detta användes som ett sätt att motverka denna effekt, men det finns risk att detta inte räckte för att motverka det helt. För att motverka denna effekt skulle fler test-repetitioner och fritt randomiserade villkor kunna användas.

Under testningen preciserades inte med vilken kraft eller med vilket fokus deltagarna skulle skjuta. Enligt Fitts lag finns det en *speed-accuracy trade-off* (54). Det vill säga att hastigheten på skottet har påverkan på precisionen. Vid fokus på kraft blir precisionen sämre och vid fokus på precision blir kraften mindre (54,55,56,57). Detta är såklart viktigt för just handbollsspelare då de strävar efter så kraftfulla skott som möjligt med så bra precision som möjligt. Det hade därmed varit relevant att kontrollera och eventuellt undersöka skotthastigheten såväl som precisionen för att få ett säkrare resultat. Detta ger en möjlighet för framtida studier att undersöka skottprecision mer noggrant.

5.3 Ground reaction force

Vi valde att titta på *ground reaction force* där krafterna går i tre separata riktningar, vertikalt, mediolateralt samt anterior- posterior. Studier har visat att det framförallt är en ökning av vertikala och posteriora krafter som ger ökad risk för korsbandsskador (58). Vid alla tre vinklar sågs en icke signifikant ökning av GRF vid MOTIFS jämfört med CaU. Dock hade det troligtvis behövts en större urvalsgrupp för att kunna dra några större slutsatser kring signifikans. Störst ökning av GRF sågs för de vertikala krafterna. Detta liknar resultat från en studie där det sågs att GRF ökade vid *dual-task*-uppgifter (59). Däremot är det viktigt att träna *dual-task* eftersom det liknar de situationer en idrottare utsätts för i sportsammanhang. Att se till att idrottare är väl förberedda för *dual-task* är därför en viktig del av en rehabiliteringsplan (59). Det är dock inte GRF i sig som är riskfaktorn utan det är när omkringliggande strukturer inte klarar att hantera och motverka den kraft som skapas (8). Högre GRF sågs hos de som hade kortast kontakt med marken vid frånskjutning. Kortare kontakt med marken har sett ge högre utgångshastighet vilket då kan ge en fördel i idrottssammanhang (60). Detta tyder på att idrottare som kommer tillbaka från skada måste lära sig att hantera högre GRF för att säkert kunna återgå till sin idrott. Här har den strukturerade träningen och fysioterapi en stor roll i att förbereda idrottare till att klara av dessa stora krafter som de utsätts för. Att se till att dem och deras muskulatur är tillräckligt starka och redo för att kunna återgå till den belastning som idrotten kräver och för att kunna vinna fördelar gentemot motståndarna. Utöver den fysiska förberedelsen krävs även en mental sådan. Idrottaren behöver känna tilltro till sin egen förmåga (*self-efficacy*) att hantera och övervinna de krafter som kroppen utsätts för i idrottssammanhang. Detta resonemang kan kopplas till resultatet där det inte sågs någon signifikant försämring i rörelsekaraktär under MOTIFS. Det tyder på att det kan finnas en fördel i att integrera MOTIFS i slutskedet av rehabiliteringen, för att möjliggöra mer sportspecifik träning och därmed förbereda idrottaren på ett mer effektivt sätt inför återgång till idrott.

5.4 Metoddiskussion

Styrkor med vår studie innefattar bland annat en randomiseringprocess för att säkerställa att ordningen för villkoren inte skulle påverka det slutgiltiga resultatet. Om ordningen inte hade varit randomiserad hade vi inte kunnat vara lika säkra på att resultatet inte skulle påverkat varandra. Däremot borde eventuellt samtliga villkor varit randomiserade för att undvika den inlärningsprocess vi såg på skottprecisionen. MOTIFS är också en modell som är tänkt att ha en hög klinisk relevans. En modell som skulle kunna vara enkel att tillämpa och förstå men även lättillgänglig och användbar i praktiken.

En svaghet med metoden är det begränsade antalet deltagare. Målet var att ha med 20 handbollsspelare, helst med en jämn fördelning mellan män och kvinnor. Vid datainsamlingens slut hade vi endast testat 11 deltagare. Detta berodde bland annat på svårigheter att få kontakt med handbollsklubbar och spelare, låg svarsfrekvens samt att många hade svårt att medverka under vardagar på arbetstid, vilket var tiderna labbet var tillgängligt under studiens insamlingsperiod. Tidsbrist var också en bidragande faktor, då tekniska problem och personalrelaterade utmaningar minskade vår skrivtid något. Trots att målet om 20 deltagare inte uppnåddes, är vi nöjda med resultatet och könsfördelningen, med tanke på förutsättningarna. Med tanke på det begränsade urvalet ska man vara försiktig för att göra generella slutsatser kring resultatet. Vår arbete är en del av en pågående studie där rekrytering av deltagare fortfarande fortlöper.

Målet med MOTIFS-modellen och studiemetoden är att skapa en miljö som liknar rehabilitering men att göra den så realistisk och sportlikt som möjligt. Detta gjordes med hjälp av handboll och uppspönt mål. För att utveckla metoden och skapa en ännu större realistisk känsla skulle saker som olika bollstorlekar, handbollsklister, någon markering för att simulera motståndare eller större utrymme vara relevant. Detta är tankar från författarna men även utifrån kommentarer från deltagarna. Av flertalet anledningar är användandet av handbollsklister i labbet omöjligt. Däremot tror vi att miljön i studien liknar den miljö och de möjligheter som finns ute i kliniker för att skapa sportlika och realistiska sammanhang.

Även mer tydliga direktiv gällande skotten skulle vara en förbättringspotential. Under studien gavs endast uppmaningen "skjut och försök träffa mitten". Utifrån teorier och forskning kring hastighet och precision skulle en mer detaljerad uppmaning som, "skjut ditt hårdaste varje skott" eller "lägg allt fokus på att träffa mitten" göra att alla skott sker på liknande sätt. Det skulle förmodligen ge oss ett mer likvärdigt utförande vid varje skott och därmed ett mer realistiskt resultat.

Eftersom målet var att randomisera i vilken ordning MOTIFS och CaU utfördes hamnade alltid det vanliga skottet som sista villkor hos alla deltagare. Tanken var att vanliga skottet skulle användas som en referens om hur deltagarna utför rörelsen utan direktiv från testledaren. Detta kan ha påverkat resultatet genom den inlärningsprocess som sågs vid

skotten. Detta hade undvikits om även de vanliga skottet hade randomiserats. Det hade däremot eventuellt påverkat resultatet i de andra villkoren gällande rörelsekaraktär eller GRF. Den randomiserade ordningen i kombination med ovana förhållanden såsom bollstorlek och avsaknad av handbollsklister bidrar till risk för inläringseffekter. Därmed bör framtida studier justera för detta i statistiken.

Data för GRF kunde endast samlas in på 7 av 11 deltagare på grund av tekniska problem med åtkomst till labbets datorer under slutfasen av datainsamlingen. Mer omfattande data kring GRF skulle förbättra och ge ett mer trovärdigt resultat genom att möjliggöra jämförelse inom och mellan könen. Därför bör man vara försiktig när man gör generella tolkningar av dessa resultat.

6. Klinisk relevans

MOTIFS är tänkt att vara en enkel och användbar modell för rehabpersonal att använda i verksamheten. Målet är att förbättra rehabiliteringen för patienten och göra den mer personlig och realistisk kopplat till de mål patienten har. Resultatet tyder på att modellen kan vara användbar för vissa individer i slutskedet av sin rehabilitering. Mer forskning krävs dock för att fastställa modellens säkerhet och möjlighet hos en bredare målgrupp.

7. Slutsats

Studien visar att rörelsekaraktär, skottprecision och *ground reaction force* inte signifikant försämras vid användning av visualisering enligt MOTIFS-modellen. Dock sågs könsskillnader där kvinnor presterade generellt sämre i rörelsekaraktär och skottprecision vid MOTIFS jämfört med män. Resultaten indikerar att modellen kan medföra ökad belastning på kroppens strukturer, vilket kan vara relevant vid återgång till idrott. MOTIFS kan ses som ett stöd i slutskedet av rehabilitering, där den kan bidra till att efterlikna idrottspecifika situationer i en säker och kontrollerad miljö. Modellen bör inte användas i syfte att förbättra rörelsekaraktär, utan snarare användas för att öka patientens delaktighet, förståelse och motivation i rehabiliteringsprocessen. Fortsatt forskning med större urvalsgrupp och power är nödvändig för att säkerställa modellens effekt och säkerhet för att förstå hur detta kan appliceras i en klinisk miljö.

8. Referenser

1. Statista Research Department, Handball - statistics & facts[Internet]. Statista; 2025 [uppdaterad 2025-02-14; citerad 2025-06-01] Hämtad från: <https://www.statista.com/topics/10538/handball/>
2. Seil, R., Senorski, E.H., Landreau, P., Engebretsen, L., Menetrey, J., Samuelsson, K. (2018). Management of ACL Injuries in Handball. In: Laver, L., Landreau, P., Seil, R., Popovic, N. (eds) Handball Sports Medicine. Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Yoo H, Marappa-Ganeshan R. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Anterior Cruciate Ligament. 2023 Jul 24. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–.
4. Nathan Wetters, Alexander E. Weber, Thomas H. Wuerz, David L. Schub, Bert R. Mandelbaum, Mechanism of Injury and Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury, Operative Techniques in Sports Medicine, Volume 24, Issue 1, 2016, Pages 2-6, ISSN 1060-1872
5. Bates NA, Schilaty ND, Krych AJ, Hewett TE. Variation in ACL and MCL Strain Before Initial Contact Is Dependent on Injury Risk Level During Simulated Landings. Orthop J Sports Med. 2019 Nov 27;7(11):2325967119884906.
6. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ, Krych AJ. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. Am J Sports Med. 2016 Jun;44(6):1502-7.
7. Svenska korsbandsregistret, Årsrapport 2023 [Internet]. Stockholm: Svenska korsbandsregistret; 2023 (citerad 2024-09-13). Hämtad från https://www.aclregister.nu/media/uploads/Annual%20reports/%C3%A5rsrapport_2023_.pdf
8. Bram JT, Magee LC, Mehta NN, Patel NM, Ganley TJ. Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2021 Jun;49(7):1962-1972.
9. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. J Am Acad Orthop Surg. 2010 Sep;18(9):520-7.
10. CC1 - The female ACL: Why is it more prone to injury? J Orthop. 2016 Mar 24;13(2):A1-4.

11. Dos'Santos, T.; Thomas, C.; McBurnie, A.; Donelon, T.; Herrington, L.; Jones, P.A. The Cutting Movement Assessment Score (CMAS) Qualitative Screening Tool: Application to Mitigate Anterior Cruciate Ligament Injury Risk during Cutting. *Biomechanics* 2021, *1*, 83-101.
12. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, Yokoe K. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sports Sci Med*. 2010 Dec 1;9(4):669-75.
13. Stuart Porter. Tidy's Physiotherapy [Elektronisk resurs]. Churchill Livingstone; 2013
14. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb;33(1):33-47.
15. Stephenson SD, Kocan JW, Vinod AV, Kluczynski MA, Bisson LJ. A Comprehensive Summary of Systematic Reviews on Sports Injury Prevention Strategies. *Orthop J Sports Med*. 2021 Oct 28;9(10):23259671211035776.
16. Achenbach L, Krutsch V, Weber J, Nerlich M, Luig P, Loose O, Angele P, Krutsch W. Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Jul;26(7):1901-1908.
17. Soomro N, Sanders R, Hackett D, Hubka T, Ebrahimi S, Freeston J, Cobley S. The Efficacy of Injury Prevention Programs in Adolescent Team Sports: A Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2016 Sep;44(9):2415-24.
18. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. *Br J Sports Med*. 2013 Nov;47(17):1120-6.
19. Zwolski CM, Paterno MV, Rethorn TJ, Thomas SM, Quatman-Yates CC, Schmitt LC. Physical, psychological, and environmental shifts experienced during the young athlete journey after ACL reconstruction. *Phys Ther Sport*. 2024 Aug 23;70:44-52.
20. Du T, Shi Y, Huang H, Liang W, Miao D. Current study on the influence of psychological factors on returning to sports after ACLR. *Heliyon*. 2022 Dec 19;8(12):e12434.
21. Cederström C, Bloch Thorlund J, Elin Øiestad B, Henriksen K, Ageberg E. Physical Therapists' Use of Psychological Skills Training in Rehabilitation Following Traumatic Knee Injury: An Online Survey Study. *Int J Sports Phys Ther*. 2024 Nov 1;19(11):1496-1508.

22. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol.* 2000 Jan;55(1):68-78.
23. Artino AR Jr. Academic self-efficacy: from educational theory to instructional practice. *Perspect Med Educ.* 2012 May;1(2):76-85.
24. te Wierike SC, van der Sluis A, van den Akker-Scheek I, Elferink-Gemser MT, Visscher C. Psychosocial factors influencing the recovery of athletes with anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 2013 Oct;23(5):527-40.
25. Rodriguez RM, Marroquin A, Cosby N. Reducing Fear of Reinjury and Pain Perception in Athletes With First-Time Anterior Cruciate Ligament Reconstructions by Implementing Imagery Training. *J Sport Rehabil.* 2019 May 1;28(4):385-389.
26. Hsu CJ, Meierbachtol A, George SZ, Chmielewski TL. Fear of Reinjury in Athletes. *Sports Health.* 2017 Mar/Apr;9(2):162-167.
27. Mansell G, Hall A, Toomey E. Behaviour change and self-management interventions in persistent low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2016 Dec;30(6):994-1002.
28. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014 Nov;48(21):1543-52.
29. Lindanger L, Strand T, Mølster AO, Solheim E, Inderhaug E. Return to Play and Long-term Participation in Pivoting Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2019 Dec;47(14):3339-3346.
30. Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, Gauffin H, Webster KE, Kvist J. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2014 Dec;48(22):1613-9.
31. Burland JP, Toonstra J, Werner JL, Mattacola CG, Howell DM, Howard JS. Decision to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part I: A Qualitative Investigation of Psychosocial Factors. *J Athl Train.* 2018 May;53(5):452-463.
32. Flanigan DC, Everhart JS, Pedroza A, Smith T, Kaeding CC. Fear of reinjury (kinesiophobia) and persistent knee symptoms are common factors for lack of return

- to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2013 Aug;29(8):1322-9.
33. McCullough KA, Phelps KD, Spindler KP, Matava MJ, Dunn WR, Parker RD; MOON Group; Reinke EK. Return to high school- and college-level football after anterior cruciate ligament reconstruction: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) cohort study. *Am J Sports Med*. 2012 Nov;40(11):2523-9.
 34. Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychon Bull Rev*. 2016 Oct;23(5):1382-1414.
 35. Diekfuss, J. A., Grooms, D. R., Hogg, J. A., Singh, H., Slutsky-Ganesh, A. B., Bonnette, S., Riehm, C., Anand, M., Nissen, K. S., Wilkerson, G. B., & Myer, G. D. (2021). Targeted Application of Motor Learning Theory to Leverage Youth Neuroplasticity for Enhanced Injury-Resistance and Exercise Performance: OPTIMAL PREP. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 3(1), 17-36.
 36. Wulf G, McNevin N, Shea CH. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q J Exp Psychol A*. 2001 Nov;54(4):1143-54.
 37. Masters R, Maxwell J. The theory of reinvestment. *Int Rev Sport Exerc Psychol*. 2008;1(2):160-183.
 38. Cederström N, Granér S, Nilsson G, Dahan R, Ageberg E. Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Re-Learning (MOTIFS) after traumatic knee injury: study protocol for an adaptive randomized controlled trial. *Trials*. 2021 Oct 21;22(1):729.
 39. Guillot A, Moschberger K, Collet C. Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behav Brain Funct*. 2013 Feb 20;9:8.
 40. Holmes PS, Collins DJ. The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Article. J Appl Sport Psychol*. 03 / 01 / 2001;13(1):60-83.
 41. Cederström N, Granér S, Nilsson G, Ageberg E. Effect of motor imagery on enjoyment in knee-injury prevention and rehabilitation training: A randomized crossover study. *J Sci Med Sport*. 2021 Mar;24(3):258-263.
 42. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. *Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics*; 1998:viii, 104-viii, 104.

43. Cederström N, Granér S, Nilsson G, Dahan R, Ageberg E. Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Re-Learning (MOTIFS) after traumatic knee injury: study protocol for an adaptive randomized controlled trial. *Trials*. 2021 Oct 21;22(1):729.
44. PA Harris, R Taylor, R Thielke, J Payne, N Gonzalez, JG. Conde, Research electronic data capture (REDCap) – A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support, *J Biomed Inform*. 2009 Apr;42(2):377-81.
45. Kristianslund E, Faul O, Bahr R, Myklebust G, Krosshaug T. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. *Br J Sports Med*. 2014 May;48(9):779-83.
46. Hughes G, Dai B. The influence of decision making and divided attention on lower limb biomechanics associated with anterior cruciate ligament injury: a narrative review. *Sports Biomech*. 2023 Jan;22(1):30-45.
47. Ness BM, Zimney K, Schweinle WE, Cleland JA. DUAL-TASK ASSESSMENT IMPLICATIONS FOR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. 2020 Dec;15(6):840-855.
48. Grooms DR, Chaput M, Simon JE, Criss CR, Myer GD, Diekfuss JA. Combining Neurocognitive and Functional Tests to Improve Return-to-Sport Decisions Following ACL Reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2023 Aug;53(8):415–419.
49. Schreurs MJ, Benjaminse A, Lemmink KAPM. Sharper angle, higher risk? The effect of cutting angle on knee mechanics in invasion sport athletes. *J Biomech*. 2017 Oct 3;63:144-150.
50. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Nov 6;17(21):8208.
51. Elshorbagy R, Alkhaldi H, Alshammari N, El Semary M. Influence of Sex on Cognitive and Motor Dual-Task Performance Among Young Adults: A Cross-Sectional Study. *Ann Rehabil Med*. 2024 Apr;48(2):163-170.
52. McNevin NH, Shea CH, Wulf G. Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychol Res*. 2003;67(1):22-29.
doi:10.1007/s00426-002-0093-6
53. Asadi A, Saeedpour-Parizi MR, Aiken CA, Jahanbani Z, Houminiyan Sharif Abadi D, Simpson T, Marchant D. Effects of attentional focus and cognitive load on novice dart

throwing: Evidence from quiet eye duration and pupillary responses. *Hum Mov Sci.* 2022 Dec;86:103015.

54. FITTS PM. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol.* 1954 Jun;47(6):381-91.
55. van den Tillaar R, Ettema G. Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Percept Mot Skills.* 2003 Dec;97(3 Pt 1):731-42.
56. van den Tillaar R. The Effects of Target Location Upon Throwing Velocity and Accuracy in Experienced Female Handball Players. *Front Psychol.* 2020 Aug 7;11:2006.
57. Mark L. Latash. *Fundamentals of Motor Control [Elektronisk resurs].* 1. Academic Press; 2012.
58. Cacolice PA, Carcia CR, Scibek JS, Phelps AL. Ground Reaction Forces Are Predicted with Functional and Clinical Tests in Healthy Collegiate Students. *J Clin Med.* 2020 Sep 9;9(9):2907.
59. Hughes G, Dai B. The influence of decision making and divided attention on lower limb biomechanics associated with anterior cruciate ligament injury: a narrative review. *Sports Biomech.* 2023 Jan;22(1):30-45.
60. Welinski ML, Lee LN, McBroom B, Mufarreh B, Gidley AD. Ground Reaction Forces and Temporal Characteristics Define Cutting Performance. *Int J Exerc Sci.* 2021 Apr 1;14(1):211-221.

9. Bilagor

Bilaga 1: Linjediagram och trendlinje över samtliga skott för samtliga deltagare.
Skott 1-5: MOTIFS. Skott 6-10: Vanliga skottet

