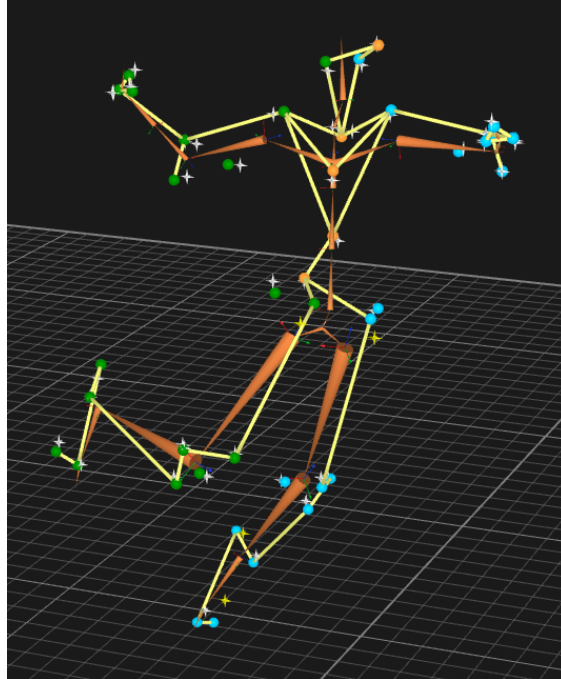




CHALMERS



Jakten på det perfekta handbollsskottet – nästa nivå

Analys av hoppskott

Kandidatarbete inom tillämpad mekanik

MALTE ARFVIDSSON NILSSON
OTTO ERIKSSON
ELIN KARLSSON
JESPER KEIJSER
PETTER RÖNNING

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

KANDIDATARBETE I TILLÄMPAD MEKANIK

Jakten på det perfekta handbollsskottet - nästa nivå

Analys av hoppskott

MALTE ARFVIDSSON NILSSON
OTTO ERIKSSON
ELIN KARLSSON
JESPER KEIJSER
PETTER RÖNNING



CHALMERS

Institutionen för Mekanik och Maritima Vetenskaper
Avdelningen för tillämpad mekanik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2024

Jakten på det perfekta handbollsskottet - nästa nivå
Analys av hoppskott
MALTE ARFVIDSSON NILSSON
OTTO ERIKSSON
ELIN KARLSSON
JESPER KEIJSER
PETTER RÖNNING

© MALTE ARFVIDSSON NILSSON, OTTO ERIKSSON, ELIN KARLSSON,
JESPER KEIJSER, PETTER RÖNNING 2024.

Handledare: Anders Ekberg, Mekanik och Maritima Vetenskaper,
Tony Larsson, Redbergslids IK
Examinator: Jens Nielsen, Mekanik och Maritima Vetenskaper

Kandidatarbete 2024
Institutionen för Mekanik och Maritima Vetenskaper
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Datorgenererad modell från detaljstudien.

Typsatt i L^AT_EX
Göteborg 2024

Jakten på det perfekta handbollsskottet - nästa nivå
Analys av hoppskott
Malte Arfvidsson Nilsson, Otto Eriksson, Elin Karlsson,
Jesper Keijser, Petter Rønning
Institutionen för Mekanik och Maritima Vetenskaper
Avdelningen för tillämpad mekanik
Chalmers Tekniska Högskola

Sammanfattning

Sporten handboll växer och Internationella Handbollsförbundet har som målbild att det ska finnas femtio miljoner aktiva ungdomsspelare inom de närmaste åren. Med det tillkommer ett ökat behov av utbildning och att mer ingående studera hur primära rörelsemönster inom sporten lämpligen bör praktiseras.

Arbetet ämnar att se över och identifiera kännetecknande särdrag bakom ett hårt hoppskott. Detta gjordes delvis genom en större studie ute i fältet med hjälp av 117 spelare i olika åldrar från Redbergslids IK. Masstudien använder sig av *human pose estimation* och spelarna blev instruerade att under inspelning utföra tre hoppskott vardera, med respektive utan täck. Med hjälp av *Google MediaPipe*, en maskininlärningsmodell, gick det sedan att detektera och följa individuella kroppsdelar och spara datan kopplad till dessa.

Vidare genomfördes en detaljstudie i mindre skala i anslutning till Chalmers Tekniska högskola för noggrannare undersökning av ingående parametrar. Till denna valdes ett fåtal av spelarna ut. Detaljstudien utfördes genom etablerad 3D-analysteknik från Qualisys, ett företag specialiserat på motion capture--teknologi, med hjälp av 14 av deras kameror och tillhörande mjukvara.

På både dam- och herrsidan visar resultaten från studien på stark korrelation mellan antropometrisk mått och skotthastighet samt mellan erfarenhet och skotthastighet. Därtill fastslår undersökningen till exempel att det är fördelaktigt att hålla handen högt vid bollsläpp. Dessutom rekommenderas det att utnyttja bålrotation och vikning så mycket som möjligt, med hänsyn till bålstyrkan.

Studiens resultat kan förhoppningsvis hjälpa tränare att anpassa sina handbollsträningar för att öka spelarnas skotthastighet vid hoppskott.

Nyckelord: motion capture, human pose estimation, skotthastighet, handboll.

Abstract

The sport of handball is growing and the International Handball Federation is aiming towards fifty million active youth players in the coming years. The necessity for education and training creates the need for further researching of how primary movement patterns should best be practiced.

The aim of this study is to overview and identify characteristic features behind a powerful jumpshot. This is partly done in the field, by studying 117 players of different ages from Redbergslids IK. The study uses *human pose estimation* and the players were instructed, while being recorded, to perform three jump shots each, both with and without opposing interference. By use of *Google MediaPipe*, a machine learning model, individual body parts were then detected and tracked while simultaneously saving the position.

A few chosen players were studied in closer detail to further examine the influence of different parameters. This was done by using already established 3D-analysis technology from Qualisys, a company specialized in motion capture technology, using 14 of their cameras and the associated software.

Results from the study indicate a strong correlation between anthropometric measurements and shooting power, and between a player's experience and shooting power. Furthermore the study concludes, for example, that it is beneficial to hold the hand high during the ball release. Additionally, it is recommended to utilize torso rotation and forward lean as much as possible, taking core strength into account.

The results of the study can hopefully assist coaches in tailoring their handball training sessions to enhance the players' shot velocity at jump shots.

Key words: human pose estimation, motion capture, shooting power, handball.

Förord

Den här rapporten presenterar resultatet av ett kandidatarbete vid institutionen för Mekanik och Maritima Vetenskaper på Chalmers Tekniska Högskola våren 2024. Rapporten studerar handbollspelare och söker efter bakomliggande faktorer till ett hårt hoppskott. Detta arbete är ett av flera i en serie studier som genomförts på handbollspelare i klubben Redbergslids IK. Testerna gjordes på 117 spelare mellan åldrarna 10 och 29 år och inkluderade både män och kvinnor.

Författarnas tack

Vi skulle först och främst vilja tacka alla deltagare från Redbergslids IK som gjorde denna studie möjlig. Tack till tränare och spelare som tog tid från sina träningar och lät oss analysera och spela in nödvändigt material. Vi vill dessutom tacka Chalmers kommunikationsavdelning som lånade oss en av sina kameror för bruk i studien. Vidare tackar vi Chalmers FUSE för användningen av deras lokaler, motion capture-system samt Peter Bäckgren för all hjälp på plats. Sist men inte minst vill vi tacka vår handledare Anders Ekberg samt vår examinator Jens Nielsen för ett stort intresse för studien och arbetet vi genomfört.

Malte A. Nilsson, Otto Eriksson, Elin Karlsson, Jesper Keijser, Petter Rønning,
Göteborg, Maj, 2024



Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	2
2	Teori	3
2.1	Tidigare forskning	3
2.2	Handbollsregler och positioner	4
2.3	Fysiska egenskaper	4
2.3.1	Fysiska egenskaper kopplat till ålder	5
2.4	Analysverktyg	5
2.4.1	Mediapipe	5
2.4.2	Qualisys Track Manager	6
2.5	Statistiska begrepp och metoder	6
2.5.1	Korrelation	7
2.5.2	Determinationskoefficient	7
2.5.3	Konfidensintervall	7
3	Metod	9
3.1	Datainsamling	9
3.1.1	Antropometriska mått och spelaregenskaper	9
3.1.2	Skotthastighet	9
3.2	Avgränsningar	9
3.2.1	Omfattning av studie	9
3.2.2	Hopptechnik	10
3.2.3	Urval av studieobjekt	10
3.2.4	Videoanalys i 2D – Rotation	10
3.3	Videoanalys i 2D	11
3.4	Detaljstudie	12
3.4.1	Motion Capture System	12
3.4.2	Kraftplatta	13
3.5	Presentation av data	13
4	Resultat	15
4.1	Videoanalys i 2D	15
4.1.1	Skottdata	15
4.1.2	Herrar	17

4.1.2.1	Vikning av överkropp	19
4.1.2.2	Hopp höjd	19
4.1.2.3	Erfarenhet	20
4.1.3	Damer	20
4.1.3.1	Vikning framåt av överkropp	22
4.1.3.2	Hopp höjd	22
4.1.3.3	Erfarenhet	23
4.2	Detaljstudie	24
4.2.1	Herrar	24
4.2.1.1	Jämförelse skotthastighet – Högsta mot lägsta	24
4.2.1.2	Avstampskraft	25
4.2.1.3	Armvinkel	26
4.2.1.4	Bålrotation	26
4.2.1.5	Vertikalt avstånd: hand-axel; vänster och höger axel	27
4.2.2	Damer	28
4.2.2.1	Jämförelse skotthastighet — Högsta mot lägsta	28
4.2.2.2	Avstampskraft	29
4.2.2.3	Armvinkel	30
4.2.2.4	Rotation	31
4.2.2.5	Vertikalt avstånd: hand-axel; vänster och höger axel	32
5	Diskussion	33
5.1	Antropometriska mått och erfarenhet	33
5.2	Herrar	34
5.3	Damer	35
5.4	Felkällor	37
6	Slutsats	39
	Litteraturförteckning	41
A	Appendix	I
B	Tacklista	XIII

1

Inledning

Handboll, i dess moderna form, etablerades som en olympisk sport först i de Olympiska sommarspelen år 1972 (herrar) och 1976 (damer). Sporten är mest populär i Europa, Asien och norra Afrika [1]. Sporten är snabbt växande och Internationella Handbollsförbundet (IHF) har som mål att femtio miljoner barn aktivt utövar sporten inom sex till åtta år, en ökning från fem miljoner aktiva barn år 2021 [2]. Även bland allmänheten växer intresset och i senaste Europamästerskapet i Tyskland slog hemmanationen publikrekord under invigningsmatchen med hela 53 586 åskådare på plats [3].

Handboll är en lagsport med två lag bestående av sju spelare vardera. Målet är att med hjälp av endast händerna kasta bollen in i motståndarens mål utan att beträda omgivande målgård [1]. I studien är fokuset på kast utförda i luften, så kallade hoppskott, men det finns andra sorter av avslut.

Det finns även flera olika former av hoppskott. Vanligt är att spelare hoppar in i målgården för att avsluta. Det kan ske i form av ett genombrott från en spelare centralt i banan eller som ett inhoppskast från kanten av spelplanen. Det förekommer även att spelare avslutar längre utifrån, vilket ger försvarande lag möjligheten att täcka ner dessa skott.

Studier gällande kastteknik är få i dagsläget och ytterligare forskning är nödvändigt för att identifiera samband mellan bakomliggande faktorer och höga skotthastigheter. Att analysera hoppskott är därför relevant, särskilt för att från en ung ålder etablera en god grundteknik.

1.1 Bakgrund

Det har tidigare studerats hur hastighet och pricksäkerhet är korrelerat med skotteknik vid avstämnda skott. Studien gjordes i form av ett kandidatarbete på Chalmers Tekniska Högskola [4]. I studien användes videoanalys och elektromyografi för att bestämma hur skotteknik och muskelaktivitet påverkar skotthastigheten. Skottekniken som analyserades berörde främst hur mycket spelare utnyttjar sin kropp i form av bålrotation och användning av armens delar.

Denna studie är en uppföljning på tidigare kandidatarbete. Det som testas är snarlikt, men studien har anpassats för en undersökning av hoppskott. Studien

kommer till exempel att introducera ett nytt element, ett täck från en försvarare. Mätning av muskelaktivitet kommer inte att utföras, både för att reducera antalet analysparametrar men även av logistiska skäl. Analys av pricksäkerhet kommer inte heller att beaktas. Anledningen är att tidigare studie inte hittade något tydligt samband.

Hoppeskott innefattar en mängd olika tekniker beroende på vilken position skottet skjuts från. Beroende på skottpositionen justerar spelaren hopplängd, hopp höjd och prioriteringen mellan placering och hastighet på skottet. En stor skillnad mellan skott tagna från kanten och niometersskott är att man som kantspelare ofta försöker hoppa med en bra riktning för att förbättra sin skottvinkel. Man vill även hoppa högt för att kunna analysera målvaktens rörelser genom att maximera tiden i luften. Ofta värderas dessutom ofta precision över kraft. Skott från nio meter lägger större fokus vid att skottet avlossas med kraft, ungefär vid hoppets högsta läge.

1.2 Syfte och mål

Arbetet syftar till att bestämma bakomliggande faktorer till ett hårt hoppeskott från nio meter för att tidigt kunna implementera det i ungdomars träning. Dessutom ämnar det identifiera skillnader i teknik mellan skott mot täck och skott utan täck. Olika bidragande faktorer kommer studeras i hoppeskottet, däribland rotation, hopp höjd och spelarnas antropometriska mått.

Frågeställningar:

- Vilka trender korrelerar mot ett hårt skott?
- Hur ser rotationen på kroppen ut vid utförandet av ett hoppeskott?
- Hur påverkas skottekniken av ett täck?
- Hur påverkas skotthastigheten av hopp höjden mätt vid midja, axel och hand?
- Hur påverkar kraften i avstampet skotthastigheten?
- Ger identifierade trender någon grund till hur träningar med ungdomar bör genomföras?

Målet med arbetet är att presentera ett entydigt resultat för vad som kännetecknar ett hårt hoppeskott. Ett *hårt hoppeskott* ska inte blandas ihop med ett *framgångsrikt hoppeskott*. Ett framgångsrikt hoppeskott innefattar fler faktorer än enbart styrka i skottet, exempelvis kroppsspråk mot målvakt och träffsäkerhet.

2

Teori

I följande avsnitt presenteras relevant teoretisk bakgrund för projektet. Tidigare forskning går dessutom igenom för att skapa en bild av ämnet innan studien påbörjas.

2.1 Tidigare forskning

I ett inledande skede av projektet genomförs en undersökning av tidigare forskning. Handboll är ett relativt outforskat område och det är därför nödvändigt att göra en undersökning på hur mycket ämnet har berörts innan. Det som söks efter är studier som innefattar *motion capture* av något slag samtidigt som handboll undersöks. Faktorer som anatomi har också eftersökts.

Tidigare forskning använder en variation av utgångspunkter för att analysera skott i handboll. En studie tittar på skillnaden på skott med och utan täck [5]. Studien analyserade spelare från Spaniens andradivision, där vardera spelare fick avsluta en gång utan täck och en gång med. För analysen användes ett 3D-analysprogram med hjälp av två uppsatta kameror. Statistiskt signifikanta värden uppmättes endast när det gällde den horisontella farten strax före avstamp, där den var större utan täck, samt vid tiden för ansatsen, som var kortare, med täck framför sig.

Ytterligare en studie tittade på korrelationen mellan explosiv styrka och skotthastighet hos manliga semi-professionella spelare [6]. I studien kvantifierades explosiv styrka från prestationen av fler olika tester, som exempelvis vertikalt hopp och kast med medicinboll. Studien fann ett starkt positivt samband mellan spelarnas prestation på det vertikala hoppet och skotthastigheten vid ett hoppeskott. Andra explosiva tester som längdhopp visade inget eller svagt samband.

En tredje studie använde 3D motion capture för tio elitspelare och korrelationen mellan olika kroppsdelars acceleration under ett hoppeskott [7]. Studien visade störst korrelation mot acceleration vid handens och armbågens högsta läge innan bollen släpptes. Studien visade dessutom att rotation i axeln var en betydande faktor för att skjuta hårdare.

En genomgående trend är att dessa studier visar liten signifikans med få antal spelare i varje studie, där maxantalet är 20 personer [6]. Studierna använder dessutom låg bildfrekvens för 3D motion capture med maximalt 120 antal bilder per sekund [6].

spelare (V9, M9, H9 och M6) [10]. Kantspelare hoppar högre och har högre relativ styrka än andra spelare. Studien visar dessutom att mängden relativ muskelmassa har större korrelation med explosiv styrka än total muskelmassa. Detta innebär att större vikt på spelaren innebär lägre skotthastighet. Spelare som har mindre fett visar högre explosiv styrka än de med högre muskelmassa [10]. Hos damspelare är korrelationen mellan skotthastighet och längd respektive vikt för avslut från både sex meter och hoppeskott från nio meter mycket svag eller icke-existerande [11].

2.3.1 Fysiska egenskaper kopplat till ålder

Fysisk förmåga är kopplat till ålder och längd och hänger samman med mängden muskelmassa främst för killar. En studie visar att killar från 12–19 år utvecklas mer i explosiv styrka jämfört med tjejer. Detta testades via hopp med benböj [12]. Studien visar att vid 9–10 års ålder hoppar tjejer och killar ungefär lika högt. Sedan vid 18–19 års ålder har killarna ökat sin hopp höjd med 15,2 cm jämfört med tjejerna på 4,9 cm. En annan studie stödjer detta med slutsats att kvinnors fysiska förmåga når sin kulmen vid mitten av tonåren [13]. Studien tittar på kvinnor i åldrarna 12–21 år vid hög nivå inom fotboll och prestation av explosiv styrka med sprint, hopp med benböj samt rörlighet.

2.4 Analysverktyg

Nedan presenteras de analysverktyg som används för att generera data. Mediapipe används för masstudien och Qualisys Track Manager används för detaljstudien.

2.4.1 Mediapipe

Videoanalys som används för att detektera och kartlägga spelarnas kroppsdelar, samt kroppsdelarnas koordinater, kallas *human pose estimation*. Med hjälp av den öppna källkoden MediaPipe, utvecklad av Google, kan detektering av kroppsdelarna utföras [14]. MediaPipe använder avancerade maskininlärningsmodeller för att identifiera och spåra olika kroppsdelar. Denna teknik möjliggör en noggrann analys av spelarnas rörelser och kroppsdelpositioner. Processen utförs dynamiskt för varje bildruta i en videosekvens, och koordinaterna för varje kroppsdel sparas för senare bearbetning. Se Figur 2.2 för bild på *MediaPipe's* kartläggning och identifiering av kroppsdelar.



Figur 2.2: Mediapipe med kroppsdetektering. [14], CC-BY

2.4.2 Qualisys Track Manager

Qualisys Track Manager (QTM) är en avancerad mjukvarulösning som används för att hantera och analysera rörelsedata i realtid. Programmet erbjuder en omfattande plattform för att spåra, registrera och analysera rörelsebaserade data från olika källor såsom optiska kameror och inertiella mätningssystem. Genom detta skapar QTM möjligheten att få detaljerad insikt i rörelsemönster och biomekanik. Genom att integrera avancerad spårningsteknologi med omfattande datahanteringsfunktioner möjliggör QTM en djupare förståelse för rörelse, prestanda och skadebeteende inom en mängd olika tillämpningsområden [15].

Motion capture är en teknik som används för att registrera och digitalt återskapa mänsklig rörelse i realtid eller för senare analys. Genom att använda sensorer, kameror eller andra spårningssystem kan motion capture fånga upp rörelsevariationer och omvandla dem till digital data. I moderna motion capture system används passiva markörer och triangulering för att bygga modeller. Passiva markörer reflekterar ljuset från ljuskällor nära kameran till skillnad från aktiva sådana som själva sänder ut ljus [16].

En kraftplatta används i synkronisering med motion capture-systemet. En kraftplatta är ett mekaniskt system av sensorer utformat för att mäta reaktionskraft och moment. De används främst inom medicinska områden och inom idrott.

2.5 Statistiska begrepp och metoder

För att behandla data och få fram tydliga resultat att analysera används ett antal statistiska funktioner.

2.5.1 Korrelation

För att undersöka korrelationen mellan spelares antropometriska mått, ålder, hopphöjd och skotthastighet väljs Pearsons produktmomentkorrelationskoefficient som referenssystem [17], se Ekvation 2.1. Detta är en beprövad statistisk metod som hittar samband och relationer mellan värden som kan vara kvantitativt svårtolkade. Konstanten ρ_{xy} ligger i ett intervall mellan -1 och 1, där värdet -1 är maximal negativ korrelation och 1 är maximal positiv korrelation. Värdet 0 betyder att det inte existerar någon korrelation mellan parametrarna. Således kommer värden nära 0 vara svagt positivt eller negativt korrelerade. Viktigt att notera vid statistisk analys är att korrelation inte är samma sak som orsakssamband, vilket är det som egentligen önskas fastställas.

$$\rho_{xy} = \rho(x, y) = \frac{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.1)$$

- n : antal mätvärden
- x_i : enskilt värde av x
- y_i : enskilt värde av y
- \bar{x} : medelvärde av x
- \bar{y} : medelvärde av y
- σ_x : standardavvikelse av x
- σ_y : standardavvikelse av y

För att bestämma sambandsstyrkan användes studien [17] som referens. I studien definierades följande:

- Inget samband: 0–0,1
- Svagt samband: 0,1–0,3
- Medelstarkt samband: 0,3–0,5
- Starkt samband: 0,5–1

2.5.2 Determinationskoefficient

Determinationskoefficient, eller R^2 -värde, är ett statistiskt mått som används för att förklara hur väl en regressionsmodell förklarar variationen i den beroende variabeln. Värdet definieras på området 0 till 1, där värden nära noll betyder mycket spridning och värden nära ett betyder ingen spridning från regressionslinjen. I arbetet används andragsanpassning för att hitta optimum för de olika värdena för datan och andra modeller tas inte i beaktning. Optimum letas efter för att hitta det optimala kastet för variablerna som kollas på.

2.5.3 Konfidensintervall

Konfidensintervall är ett centralt begrepp inom statistik och dataanalys som innefattar uppskattning av osäkerheten inom en viss data som har tagits fram vid stickprov. Det används för att avgöra hur pålitligt ett statistiskt resultat är. Genom att tillhandahålla en intervalluppskattning för en parameter, till exempel medelvärdet, ger

konfidensintervall en insikt om den sannolika variationen i datan och hur tillförlitlig datan är. Konfidensintervall beräknas genom Ekvation 2.2 [18]. Detta gjordes med Google kalkylarks *KONFIDENS* funktion.

$$l_{\Theta} = \bar{x} \pm \frac{\lambda_{\alpha/2}\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.2)$$

- l_{Θ} : Konfidensintervall
- \bar{x} : Medelvärde av mätdata
- $\lambda_{\alpha/2}$: z-värde (avvikelse från medelvärdet uttryckt i antal standardavvikelser)
- σ : Standardavvikelse
- n : Antal mått

3

Metod

Undersökningen delades upp i två delar, masstest och detaljstudie. Masstesterna genomfördes i samband med respektive lags träning. Vid utförandet av testet användes en kamera för en senare 2D-analys. Den andra delen gjordes som en detaljstudie på Chalmers, där tio utvalda spelares kast analyserades med hjälp av ett *motion capture system*.

3.1 Datainsamling

Nedan beskrivs metoderna för hur antropometriska mått samt skotthastighet samlades in.

3.1.1 Antropometriska mått och spelaregenskaper

Insamling av de antropometriska måtten gjordes i samband med masstesterna på plats. Spelarna fick på förhand information om berörda mått och potentiellt känslig information kunde meddelas innan testet för att trygga en bekväm miljö. Om spelarna inte ville delge ett specifikt mått accepterades det enligt etiska principer.

Måtten som samlades in var längd, vikt, ålder, erfarenhet, position, skotthand, total armlängd och längd på underarm. I appendix A visas hur armmåtten definieras.

3.1.2 Skotthastighet

Uppmätningen av skotthastigheten gjordes med hjälp av två identiska hastighetsmätare [19]. Mätarna sattes bakom målet och för varje kast registrerades medelhastigheten från de två mätarna manuellt för varje spelare.

3.2 Avgränsningar

Nedan följer en beskrivning av omfattningen av studien och urval av studieobjekt.

3.2.1 Omfattning av studie

Avgränsningar görs med avseende på antalet medverkande spelare, 117 stycken, med hänsyn till tid. Det var fullt frivilligt för varje spelare i vilken utsträckning, om ens överhuvudtaget, de ville delta i studien. Därtill utförs ytterligare avgränsningar

sett till antal spelare under detaljstudien av logistiska skäl, eftersom utrustningen inte kan förflyttas från Chalmers. Vidare begränsades masstestet till 2D i ett perspektiv från höger sida, då detta ger tydligast bild för kameran och programvaran eftersom de flesta spelare är högerhänta. Ytterligare en avgränsning sker med avseende till videokvaliteten som avgränsas till 240 bilder per sekund (fps).

I förra studien, som gjordes 2021, användes elektromyografi vid testerna. I denna studie kommer skotthastigheten enbart att analyseras med hjälp av videoinspelningar, ett motion capture system, samt kraftplattor. Elektromyografi kommer att exkluderas eftersom studien av hoppskott kräver fler sensorer för att se muskelkedjor och användning av trådlösa sensorer som inte finns tillgängliga.

3.2.2 Hopptechnik

Ytterligare avgränsas studien till att endast undersöka skottekniken vid utförande av ett hoppskott från niometerslinjen. I handboll finns flera positioner och olika slag av avslut som nyttjas i försök att göra mål under en match. De positioner som behöver starkast skott är mittnio, vänsternio och högernio. Skott från dessa positioner ger längst bana för bollen, och behöver därmed vara hårdast. Avslut från dessa positioner är även ofta mot täck. Avslut från kanten, som nästan alltid är hoppskott, behöver i de flesta lägen prioritera placering över hårdhet. Med denna motivering begränsas undersökningen därför till att studera avslut från niometerslinjen.

3.2.3 Urval av studieobjekt

Samtliga spelare i studien spelar för göteborgsklubben Redbergslids IK. Studien inriktade sig på både flickor och pojkar och totalt medverkade 117 spelare. Lagen som studerades var: pojkar och flickor födda 2013 (P10/F10), 2011 (P12/F12), 2009 (P14/F14), 2006-2005 (herrjuniorer (HJ)/damjuniorer (DJ)) samt 2004 och tidigare (Herrlag/Damslag). Herrjuniorer och herrlag kunde inte medverka under masstestet på grund av säsongssatsning. Däremot deltog under detaljstudien två stycken spelare från herrjuniorerna.

Utöver att spelarna är olika gamla använder man även olika storlekar på bollen. Upp till tolv års ålder använder både pojkar och flickor en boll med omkrets på 50–52 cm och en vikt på 290–330 gram. Medan flickor sedan fortsätter med den storleken av boll upp till fjorton års ålder går killarna över till en boll med en omkrets på 54–56 cm och en vikt på 325–375 gram. Den övergången gör inte flickorna förrän vid fjorton års ålder och det är en storlek de stannar vid oavsett ålder. För herrarna finns det ytterligare en storlek, med en omkrets på 58–60 cm och en vikt på 425–475 gram, som man går över till vid 16 års ålder. Dessutom använder spelare i Sverige från 15 års ålder klister, vilket förändrar förutsättningarna för de olika åldersskullarna.

3.2.4 Videoanalys i 2D – Rotation

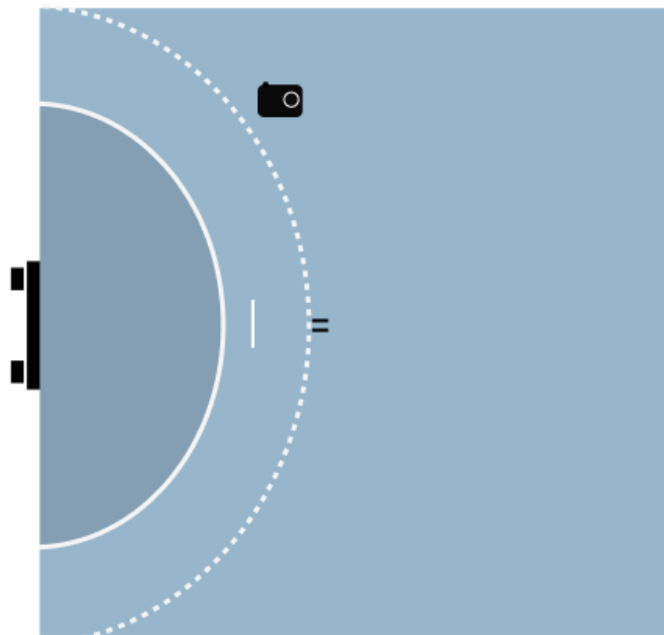
I den första delen av studien analyseras spelarna i 2D med hjälp av artificiell intelligens (AI). Punkterna som programmet använder ger ingen data i djupled och därmed är

beräkning av vinklar i djupet komplicerad. Det går att projicera punkterna, men vid implementering visade det sig att många åldersgrupper inte har tillräckligt likriktad hopptechnik för att enkelt automatisera beräkningarna, särskilt vid vinklar för arm och armbåge. Vinklar beräknades därför enbart för framåtlutning av överkroppen i luften för masstestet.

3.3 Videoanalys i 2D

För att samla in data till studien genomfördes åtta masstester, ett test för respektive lag. Testet som spelarna genomförde var uppdelat i två delar.

Två markörer med 20 centimeters mellanrum placerades centrerat på niometerslinjen för att indikera var ifrån hoppet skulle tas. Det första testet genomfördes sedan genom att samtliga spelare i laget fick skjuta tre hoppskott från markerad plats. Det andra testet utfördes identiskt med det första med skillnaden att ett täck placerades på strafflinjen, sju meter från målet. Täckets bestod utav föremål som fanns på plats och anpassades efter spelarnas längd. I ett fall nyttjades plintar, medan det en annan gång användes mattor uppställda på kanten. Skotten filmades med en kamera av modellen SONY ILME-FX30 med en upplösning på 1920x1080 pixlar och en bildfrekvens på 240 fps. Kameran placerades på ett stativ, vinkelrätt på höger sida om spelaren med ett avstånd på cirka 5 meter från det utmärkta området. Kameran placerades horisontellt, se Figur 3.1, mellan sjueterslinjen och niometerslinjen för att ha spelarna i mitten av videon vid högsta läge i luften. Avstånd från spelarna justerades beroende på hur högt spelarna kunde hoppa för att få med hela rörelsen under skottet.



Figur 3.1: Positionering av kamera och markering under testet.

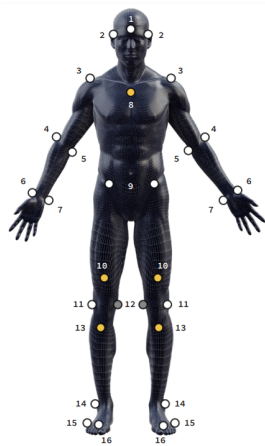
Efter varje testtillfälle användes artificiell intelligens (AI) för att analysera videorna. AI:n som användes var *Google MediaPipe - Pose Estimation* [14]. AI:n detekterar olika kroppsdelar och returnerar data för kroppsdelarnas respektive position för senare bearbetning. I slutet och i början av varje tillfälle filmades en referensbild på en person med känd längd. Personen stod mellan markörerna på niometerslinjen. Detta gav en referenslängd uttryckt i antalet pixlar.

3.4 Detaljstudie

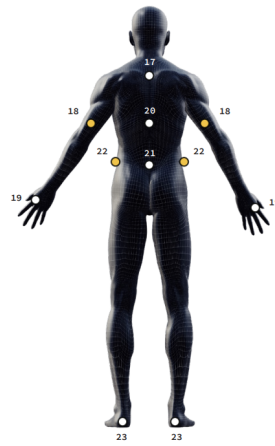
I detaljstudien skapades en 3D-modell av spelarna med hjälp av ett Motion Capture System. Två kraftplattor användes för att mäta avstampskraften vid upphoppet och skotthastighet registrerades. Ett nät placerades ut på tio meters avstånd från kraftplattorna. Detaljstudien genomfördes i FUSE-labbet på Chalmers Tekniska Högskola. För yngre spelare närvarade förälder och/eller tränare under testet. I studien medverkade två personer från F14, damjunior och damernas seniorlag. På herrsidan medverkade två personer från P14 samt två spelare från P19 (herrjunior) som nyligen skrivit kontrakt med seniorlaget. Inför testet värmdes spelarna upp i 10–15 minuter. Testet bestod av att spelarna utförde fem hoppskott utan och fem hoppskott med täck. I avsaknad på lämpliga föremål, som under masstesterna, användes en person i lämplig höjd för varje kast som täck. Spelarna instruerades att ta tre steg och genomföra avstampet till upphoppet med foten på de två kraftplattorna.

3.4.1 Motion Capture System

För att skapa en 3D-modell av spelarna användes ett Motion Capture System. På vardera spelare placerades 41 ljusreflekterande markörer ut vilka hjälpte kamerasystemet att följa kroppens rörelser. Figur 3.2 och Figur 3.3 redogör för markörernas placering. 14 stycken kameror placerades runt området där spelarna skulle utföra hoppskotten, se Figur 3.4. Två av kamerorna spelade endast in vanlig video. Resten av kamerasystemet bestod av tolv stycken Qualisys Miqus M3 för att bygga upp en 3D-modell av spelaren. I Qualisys användes en bildhastighet på 300 fps på motion capture-kamerorna och 60 fps på de två tillhörande videokamerorna. [20].



Figur 3.2: Markörer på framsidan. [21]. Återgiven med tillstånd.



Figur 3.3: Markörer på baksidan. [21]. Återgiven med tillstånd.



Figur 3.4: Kamerauppställning.

3.4.2 Kraftplatta

En del av testet gick ut på att mäta kraft vid avstamp för hoppskotten. Vid utförandet av testerna användes två stycken kraftplattor av modellen AMTI BMS400600HF-2K. Vardera platta har storleken 400x600 millimeter och en kapacitet på 9000 Newton [22].

3.5 Presentation av data

Efter insamling och bearbetning av datan presenteras den huvudsakligen i form av tabeller eller grafer. Tabellerna nyttjas främst för en mindre mängd data eller för samlade resultat. Graferna gör eventuella mönster tydliga och överskådliga, och ger god förståelse för hur eventuella samband ter sig.

3. Metod

Många gånger är ingående parameter i graferna normaliserade efter spelarens antropometriska mått. Det motiveras av att spelarna skiljer sig åt vilket omöjliggör en direkt jämförelse.

4

Resultat

I följande avsnitt presenteras resultatet på studien. Resultatet från masstesterna presenteras först och efterföljs av resultaten från detaljstudien.

4.1 Videoanalys i 2D

4.1.1 Skottdata

I Tabell A.9 visas medelhastigheten för respektive spelares tre kast utan täck samt medel- och medianhastigheten för varje lag. I Tabell A.10 visas samma information fast för spelarnas tre kast med täck. Övergripande trend är att spelare skjuter med lägre hastighet med täck än utan täck.

I Tabell 4.1 – 4.4 presenteras medelvärdet för varje grupp av spelares högsta höjd för midja, axel, armbåge och hand tillsammans med skotthastighet utan- respektive med täck. Dessutom presenteras Pearsons korrelationskoefficient för respektive kroppsdel samt skotthastighet. Alla höjdmått är normaliserade mot kroppslängd. Det framgår att differensen är positiv för samtliga kroppsdelar när man jämför fallet utan täck med det mot täck. Det innebär att spelaren vid täck är högre upp med både midja, axel, armbåge samt hand. Ekvation 4.1 visar hur normalisering sker för varje kroppsdel höjd (h_k) mot varje spelares kroppslängd (l_k). Ekvationen visar differensen med och utan täck. Ekvationen ger dessutom ett medelvärde för mängden spelare (n) i varje grupp, som presenteras i tabellerna.

$$\text{Höjddifferens} = \frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^n \frac{h_{k,m}}{l_{k,m}} - \sum_{k=1}^n \frac{h_{k,u}}{l_{k,u}} \right) \quad (4.1)$$

Tabell 4.1: Midjans högsta höjd över marken normaliserad mot kroppslängd.

Midja	Utan täck			Med täck			Differens	
	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.
F10	0,748	48,74	0,391	0,764	45,70	0,585	0,0163	-3,04
F12	0,731	62,24	0,313	0,773	54,33	0,404	0,0413	-7,91
F14	0,802	71,14	-0,199	0,840	65,95	0,389	0,0375	-5,19
DamJ	0,781	72,14	0,222	0,822	68,98	0,283	0,0409	-3,16
Dam	0,782	78,30	0,238	0,823	75,45	0,227	0,0411	-2,85
P10	0,652	53,77	0,158	0,684	49,02	-0,056	0,032	-4,75
P12	0,835	71,68	0,731	0,874	66,7	0,375	0,039	-3,92
P14	0,818	77,19	0,745	0,866	73,25	0,736	0,048	-3,94

Tabell 4.2: Axels högsta höjd över marken normaliserad mot kroppslängd.

Axel	Utan täck			Med täck			Differens	
	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.
F10	1,071	48,74	0,218	1,089	45,70	0,503	0,0169	-3,04
F12	1,046	62,24	0,161	1,094	54,33	0,279	0,0482	-7,91
F14	1,152	71,14	-0,281	1,191	65,95	0,321	0,0389	-5,19
DamJ	1,110	72,14	0,346	1,153	68,98	0,520	0,0433	-3,16
Dam	1,126	78,30	0,026	1,167	75,45	0,082	0,0412	-2,85
P10	0,945	53,77	0,120	0,976	49,02	-0,019	0,031	-4,75
P12	1,174	71,68	0,839	1,222	66,77	0,408	0,048	-3,92
P14	1,160	77,19	0,823	1,219	73,25	0,822	0,059	-3,94

Tabell 4.3: Armbågens högsta höjd över marken normaliserad mot kroppslängd.

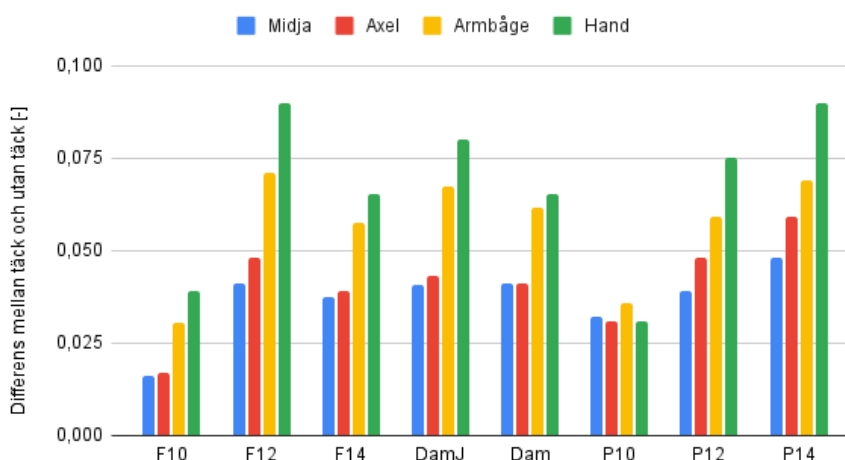
Armbåge	Utan täck			Med täck			Differens	
	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.
F10	1,114	48,74	0,607	1,145	45,70	0,761	0,306	-3,04
F12	1,101	62,24	0,263	1,172	54,33	0,291	0,0712	-7,91
F14	1,236	71,14	-0,147	1,294	65,95	0,424	0,0575	-5,19
DamJ	1,202	72,14	0,464	1,270	68,98	0,563	0,0672	-3,16
Dam	1,236	78,30	0,178	1,298	75,45	0,174	0,0617	-2,85
P10	0,994	53,77	0,145	1,030	49,02	0,085	0,036	-4,75
P12	1,285	71,68	0,843	1,344	67,77	0,519	0,059	-3,92
P14	1,239	77,19	0,711	1,308	73,25	0,728	0,069	-3,94

Tabell 4.4: Handens högsta höjd över marken normaliserad mot kroppslängd.

Hand	Utan täck			Med täck			Differens	
	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.	ρ_{xy}	Höjd	Skotth.
F10	1,277	48,74	0,429	1,316	45,70	0,642	0,0391	-3,04
F12	1,233	62,24	0,228	1,323	54,33	0,187	0,0897	-7,91
F14	1,376	71,14	-0,244	1,442	65,95	0,302	0,0655	-5,19
DamJ	1,339	72,14	0,383	1,419	68,98	0,429	0,0799	-3,16
Dam	1,392	78,30	0,214	1,457	75,45	0,012	0,0651	-2,85
P10	1,146	53,77	0,076	1,177	49,02	0,071	0,031	-4,75
P12	1,441	71,68	0,898	1,516	67,77	0,566	0,075	-3,92
P14	1,391	77,19	0,639	1,481	73,25	0,742	0,09	-3,94

I Figur 4.1 visas differensen för höjd från Tabell 4.1 – 4.4. Från datan konstateras att höjddifferensen med och utan täck är som störst för handen och det är den kroppsdel som höjs mest vid täck. F12 och P14 visar högst förändring i höjd av alla åldersklasser. F10 och P10 visar minst förändring. Hos herrsidan ökar relativ höjddifferens med åren. För damsidan ses inget samband.

Differens mellan täck och utan täck för varje lag



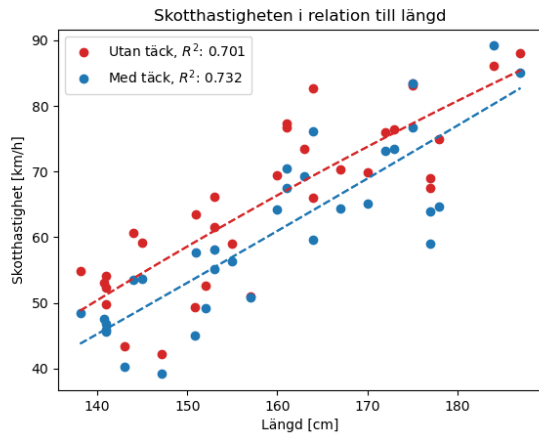
Figur 4.1: Skillnad i höjd normaliserad mot kroppslängd mellan avslut mot täck kontra avslut utan täck.

4.1.2 Herrar

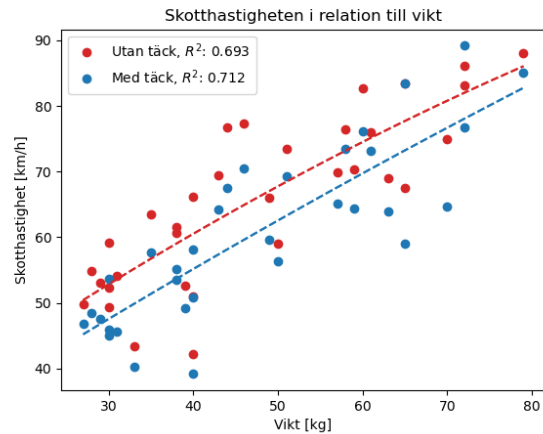
I Figur 4.2 – 4.5 presenteras datan för hur skotthastigheten beror på längd, vikt, armlängd respektive erfarenhet hos manliga spelare. Förutom för erfarenhet går det att fastställa en stark korrelation för de flesta parametrar enligt ρ_{xy} , se Kapitel 2.5.1. För erfarenhet gäller ett medelstarkt samband. För samtliga värden, se Tabell 4.5.

Tabell 4.5: Pearsons korrelationskoefficient (Herrar).

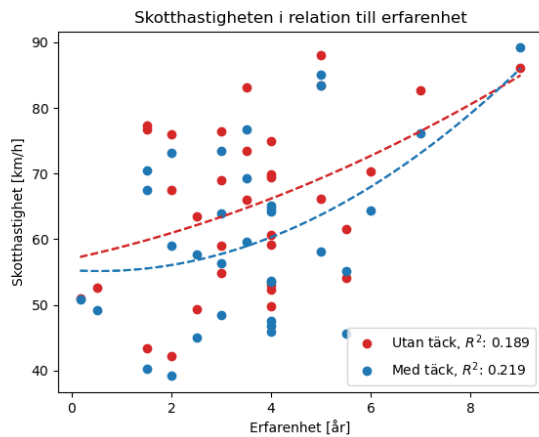
Pearsons korrelationskoefficient Herr	Längd	Vikt	Armlängd	Erfarenhet
Utan täck	0,832	0,852	0,875	0,493
Med täck	0,855	0,847	0,885	0,435



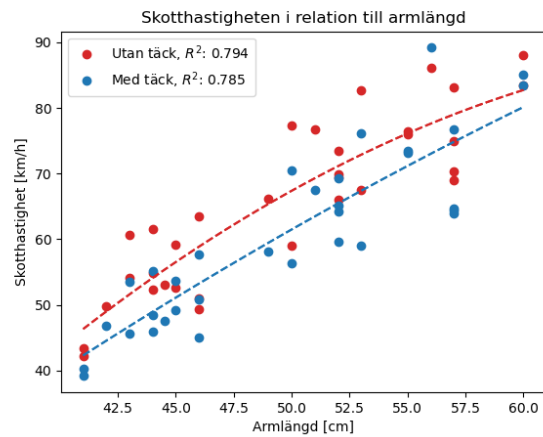
Figur 4.2: Skotthastigheten mot spelarnas längd.



Figur 4.3: Skotthastigheten mot spelarnas vikt.

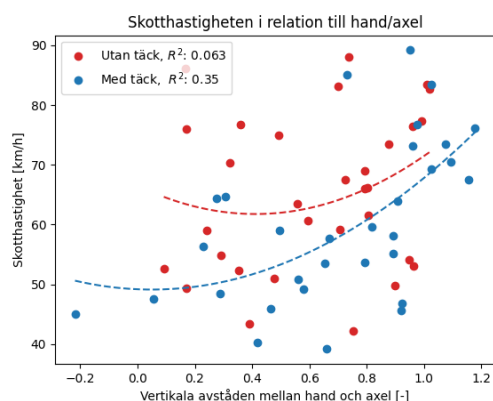


Figur 4.4: Skotthastigheten mot spelarnas erfarenhet.



Figur 4.5: Skotthastigheten mot spelarnas armlängd.

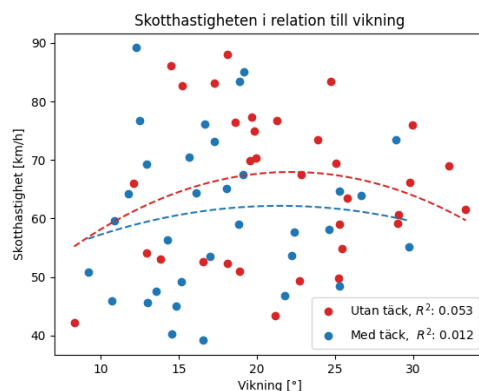
I Figur 4.6 beskriver x-axeln det vertikala avståndet mellan hand och axel (normaliserat för armlängd) vid ögonblicket när handen passerar axeln, parallellt med målet. Inget nämnvärt statistiskt samband ($\rho_{xy} = 0,20$) med skotthastighet går att påvisa i fallet utan täck men för avslutet mot täck finns det en måttligt stark korrelation ($\rho_{xy} = 0,55$).



Figur 4.6: Skotthastigheten gentemot avståndet mellan hand och axel när handen passerar axeln.

4.1.2.1 Vikning av överkropp

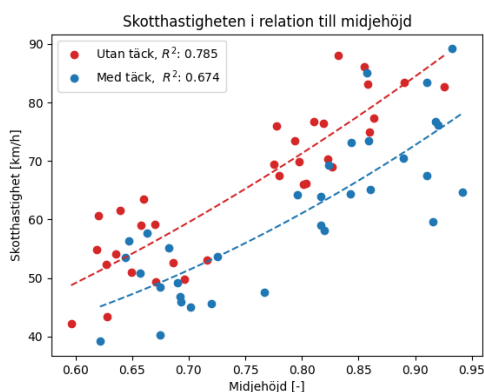
Vid analys av vikning påvisas ingen korrelation ($\rho_{xy} = 0,007$ utan täck och $\rho_{xy} = 0,094$ med täck) mellan vikning och skotthastighet, se Figur A.3 i appendix för visualisering av vikning. Det kan vara värt att notera att de högsta hastigheterna befinner sig för vinkningar mellan 12–25°. I Figur 4.7 presenteras sambandet mellan spelarnas skotthastighet och deras vikning.



Figur 4.7: Skotthastigheten mot vikning

4.1.2.2 Hopp höjd

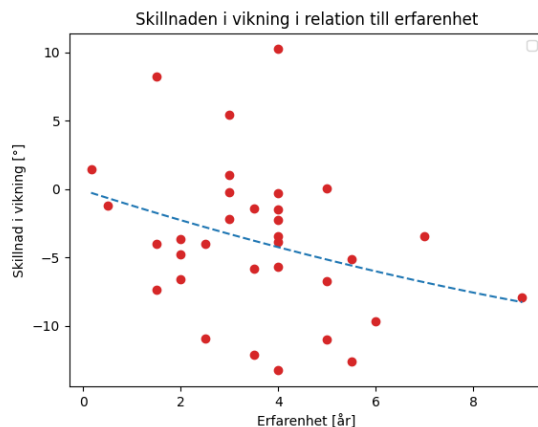
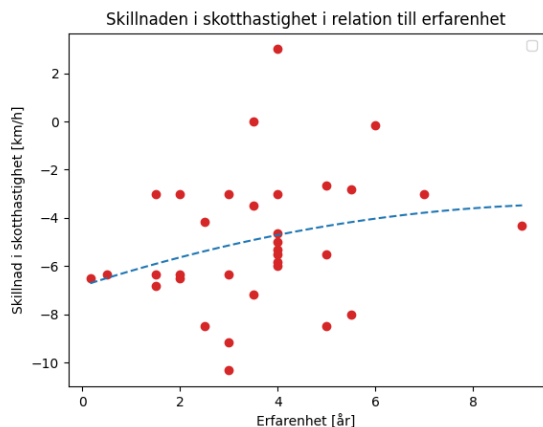
I Figur 4.8 visualiseras korrelationen mellan i skotthastighet och midjehöjd ($\rho_{xy} = 0,885$ utan täck och $\rho_{xy} = 0,819$ med täck). Midjehöjden används för att avgöra spelarnas hopphöjd. Värdet på Pearsons korrelationskoefficient tyder på en stark korrelation mellan hopphöjd och skotthastighet både med och utan täck. Det innebär att spelare generellt sett skjuter hårdare ju högre de hoppar.



Figur 4.8: Skotthastighet i relation till midjans högsta höjd normaliserat mot kroppslängd.

4.1.2.3 Erfarenhet

I Figur 4.9 visualiseras korrelationen mellan skillnaden i skotthastighet mot erfarenhet ($\rho_{xy} = 0,14$). Med erfarenhet minskar skillnaden i skotthastighet mellan skott tagna utan kontra med täck. Det innebär att spelarna överlag påverkas mindre av täck ju äldre spelarna blir. På samma sätt visar Figur 4.10 skillnaden i vikning i relation till spelarens erfarenhet ($\rho_{xy} = -0,31$). Av den framgår att spelarna generellt sett viker sig mer ju äldre de blir.



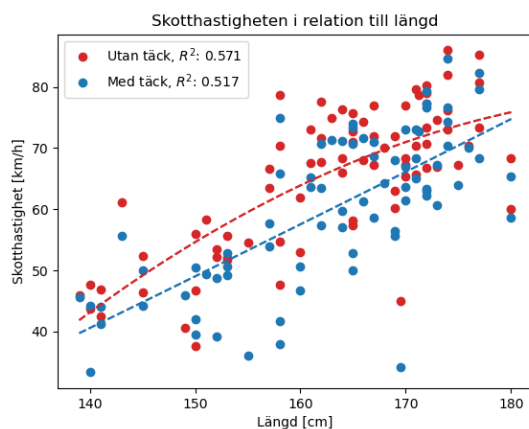
Figur 4.9: Skillnad i skotthastighet med och utan täck som funktion av erfarenhet **Figur 4.10:** Skillnad i vikning med och utan täck som funktion av erfarenhet

4.1.3 Damer

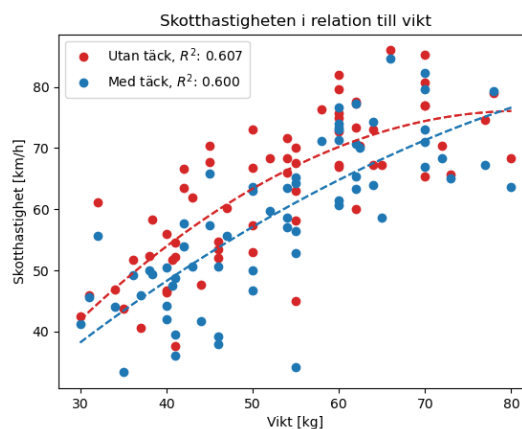
I Figur 4.11 – 4.14 presenteras datan för hur skotthastigheten beror på längd, vikt, erfarenhet respektive armlängd hos kvinnliga spelare. Det går att fastställa en stark korrelation enligt ρ_{xy} , se Tabell 4.6. Se Kapitel 2.5.1 för ρ_{xy} .

Tabell 4.6: Korrelationskoefficient med starkt samband (Damer).

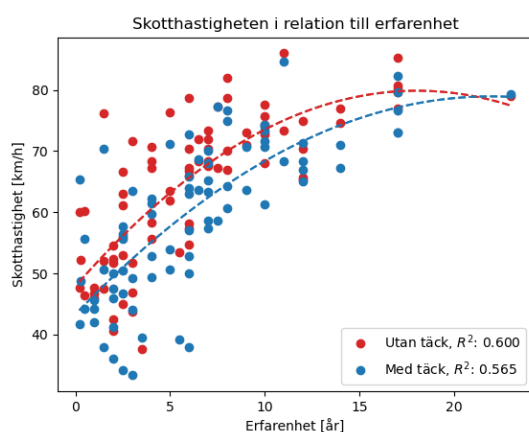
Pearsons korrelationskoefficient Dam	Längd	Vikt	Armlängd	Erfarenhet
Utan täck	0,747	0,758	0,628	0,730
Med täck	0,720	0,771	0,600	0,729



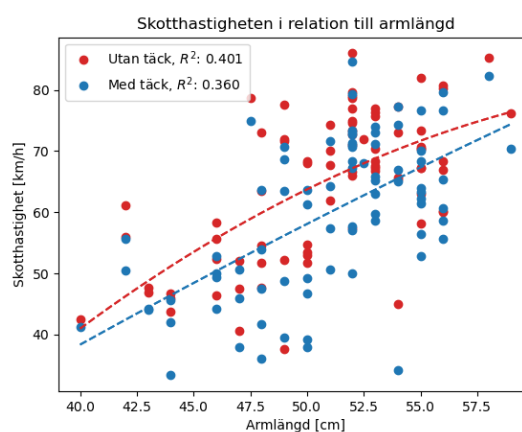
Figur 4.11: Skotthastigheten mot spelarnas längd.



Figur 4.12: Skotthastigheten mot spelarnas vikt.

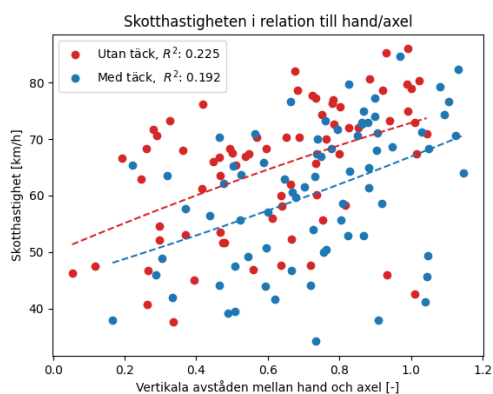


Figur 4.13: Skotthastigheten mot spelarnas erfarenhet.



Figur 4.14: Skotthastigheten mot spelarnas armlängd.

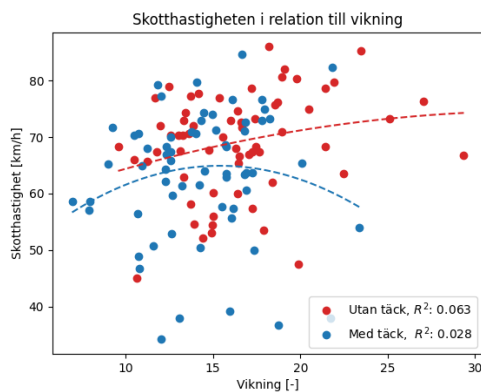
I Figur 4.15 beskriver x-axeln det vertikala avståndet mellan hand och axel vid ögonblicket när handen passerar axeln. För fallet utan täck uppmäts ett måttligt starkt positivt samband ($\rho_{xy} = 0,54$), och med täck ett medelstarkt samband ($\rho_{xy} = 0,44$).



Figur 4.15: Skotthastigheten mot det vertikala avståndet mellan hand och axel

4.1.3.1 Vikning framåt av överkropp

Vid analys av vikning påvisas korrelation ($\rho_{xy} = -0,02$ utan täck och $\rho_{xy} = 0,229$ med täck) mellan vikning och skotthastighet, se Figur A.3 i Appendix. I Figur 4.16 presenteras sambandet mellan spelarnas skotthastighet och deras vikning.

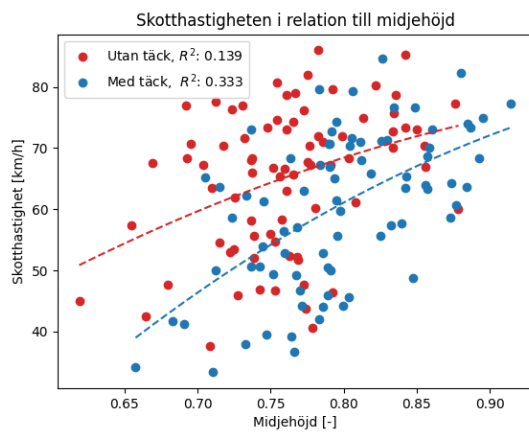


Figur 4.16: Skotthastighet mot vikning

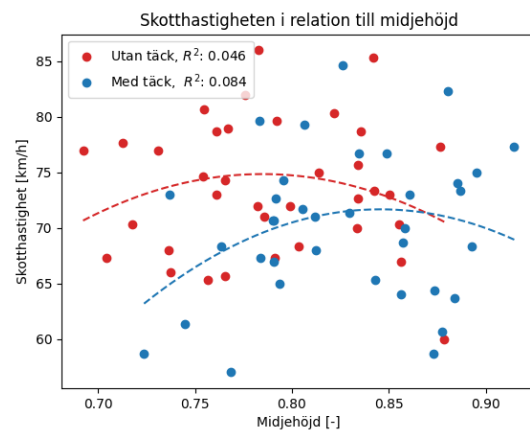
4.1.3.2 Hopphöjd

I Figur 4.17 visualiseras korrelationen mellan skotthastighet och midjans högsta höjd i relation till kroppslängd, ($\rho_{xy} = 0,371$ utan täck och $\rho_{xy} = 0,574$ med täck). Det tyder på att spelare som hoppar högre skjuter hårdare.

I Figur 4.18 visas samma korrelation fast datan från F10 och F12 har tagits bort. Stor spridning och ingenting går att fastställa.



Figur 4.17: Skotthastighet i relation till midjans högsta höjd normaliserat mot kroppslängd.

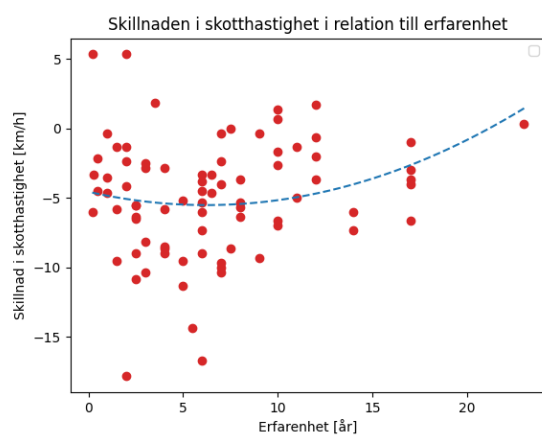


Figur 4.18: Skotthastighet i relation till midjans högsta höjd normaliserat mot kroppslängd (utan F10 och F12).

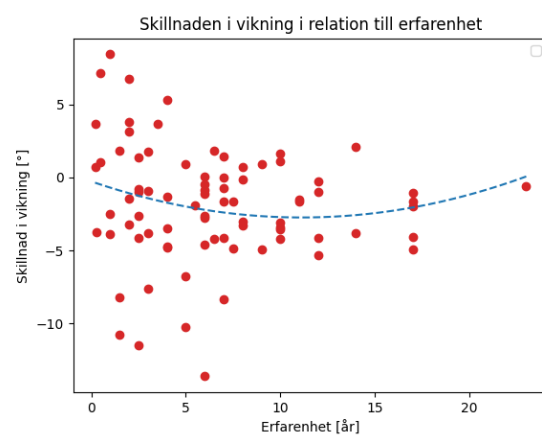
4.1.3.3 Erfarenhet

I Figur 4.19 visualiseras korrelationen mellan skillnaden i skotthastighet, med och utan täck, mot erfarenhet ($\rho_{xy} = 0,16$). Med erfarenhet minskar skillnaden i skotthastighet och därmed också påverkan av täck. Större värden från noll (negativt eller positivt) visar skillnaden i skotthastighet. Värdena går närmare noll med högre erfarenhet.

I Figur 4.20 visualiseras korrelationen mellan skillnaden i framåtlutning, med och utan täck, mot erfarenhet ($\rho_{xy} = 0,13$). Figuren visar likt Figur 4.19 att skillnaden med och utan täck minskar med erfarenhet.



Figur 4.19: Skillnad i skotthastighet med och utan täck som funktion av erfarenhet



Figur 4.20: Skillnad i vikning med och utan täck som funktion av erfarenhet

4.2 Detaljstudie

Nedan presenteras resultatet av detaljstudien med fokus på detaljer svåra att urskilja i masstesterna. Pearsons korrelationskoefficient presenteras inte för datan i detaljstudien på grund av för liten population. I Tabell A.19 och A.20 visas alla spelares skotthastigheter utan respektive med täck.

4.2.1 Herrar

4.2.1.1 Jämförelse skotthastighet – Högsta mot lägsta

I Tabell 4.7 och Tabell 4.8 visas resultat för snabbast respektive långsammast kast för varje spelare. Inga direkta samband kan kopplas till maximal skotthastighet vid enbart analys av snabbast och långsammast kast. Det enda starka samband är att bålrotation förutom för spelare 1 i Tabell 4.8 är högre vid snabbast kast än långsammast.

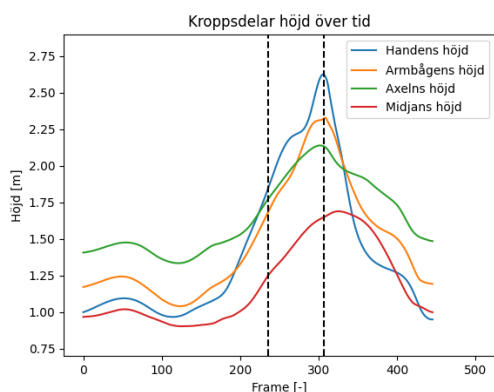
Tabell 4.7: Högsta mot lägsta skotthastigheten utan täck

Högsta och lägsta skotthastighet (utan täck)		Skotthastighet [km/h]	Avstampskraft [-]	Hopplängd [-]	Sista steget [-]	Bålrotation [°]	Vikning [°]	Axel hand [-]
P14	Spelare 1	89	3,62	0,76	0,80	121,87	10,86	0,59
		88	2,82	0,76	0,85	112,29	21,44	0,53
	Spelare 2	87	2,72	0,86	0,65	119,77	47,48	0,77
		82	3,72	0,69	0,56	113,35	49,051	0,79
HJ	Spelare 1	93	2,88	0,87	0,75	120,70	51,47	0,70
		85	2,69	0,80	0,76	101,46	40,95	-
	Spelare 2	91	4,83	0,88	0,69	112,33	29,78	0,89
		85	6,26	0,87	0,74	110,24	34,74	0,83

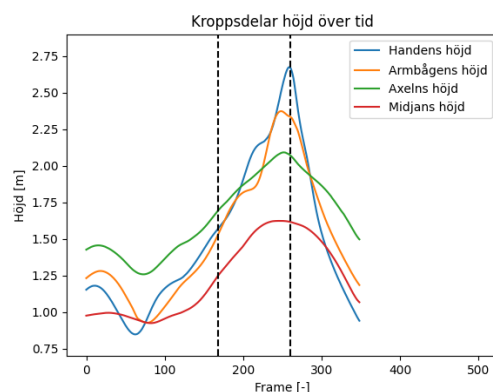
Tabell 4.8: Högsta mot lägsta skotthastigheten med täck

Högsta och lägsta skotthastighet (med täck)		Skotthastighet [km/h]	Avstampskraft [-]	Hopplängd [-]	Sista steget [-]	Bålrotation [°]	Vikning [°]	Axel hand [-]
P14	Spelare 1	88,5	3,19	0,82	0,79	128,18	15,74	0,73
		86	4,43	0,71	0,76	137,76	20,19	0,72
	Spelare 2	81,5	2,65	0,56	0,56	122,40	49,48	0,77
		78,5	3,10	0,60	0,49	106,81	44,77	0,75
HJ	Spelare 1	91	2,88	0,88	0,69	112,33	29,78	0,89
		85	3,02	0,87	0,74	110,33	34,74	0,83
	Spelare 2	89	7,29	0,79	0,84	114,67	25,07	0,60
		84	-	0,91	0,76	105,15	20,80	0,65

I Figur 4.21 och 4.22 visas midjan, axeln, armbågen och handens höjd över tid vid ett hoppskott. Skottet som visas är det hårdaste skottet utan täck för spelarna i HJ. Spelare 1 är V9 och Spelare 2 är H6. Olika typer av tekniker kan urskiljas från graferna. Den första linjen i Figur 4.21 och 4.22 symboliserar när spelarena lämnat marken med båda fötterna och den andra linjen när bollen lämnar handen. Spelare 2 skjuter på vägen ner som visas genom att midjan, axeln och armbågen minskar i vertikal höjd medans spelare 1 skjuter på uppvägen då midjans höjd fortfarande ökar.



Figur 4.21: Kroppsdelars höjder över tid (hårdaste skottet för HJ spelare 1).

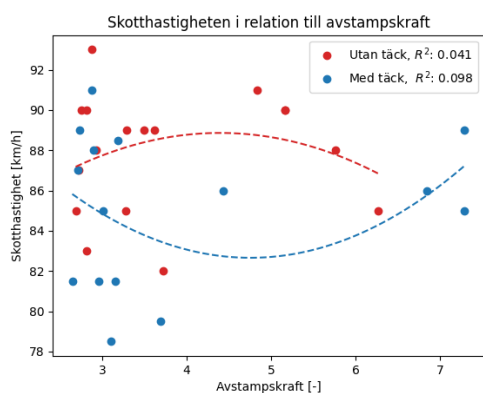


Figur 4.22: Kroppsdelars höjder över tid (hårdaste skottet för HJ spelare 2).

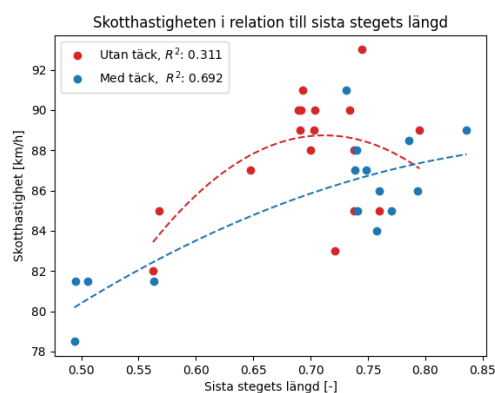
4.2.1.2 Avstampskraft

I Figur 4.23 – Figur 4.26 redovisas skotthastighet mot avstampskraft, sista stegets längd, midjans högsta höjd samt hopplängd. I detta fall speglar midjans högsta höjd hopphöjden. Avstampskraften är den maximala uppmätta kraften under hopp-skottet och är normaliserad mot kroppsvikt. De andra tre måtten är normaliserade mot kroppslängden.

Trendlinje och R^2 -värde visar ingen korrelation mellan punkterna för Figur 4.23 och Figur 4.25. Det går därmed inte att se något samband för avstampskraft eller för midjans högsta höjd till skotthastighet. Från Figur 4.24 och Figur 4.26 visas det en starkare korrelation. Vid täck visas att vid längre sista steg och längre hopplängd ger högre skotthastighet. Figur 4.24 visar dessutom att majoriteten av spelarna har en sista steglängd på cirka 70–80% av sin kroppslängd. Med täck minskar hopplängden, dock ökar sista stegets längd. Ett optimalt värde för skotthastighet går inte att etablera från mätpunkterna.

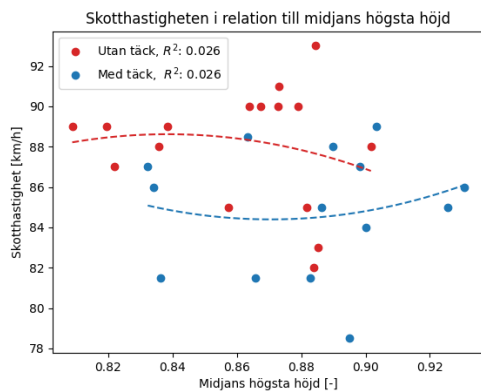


Figur 4.23: Skotthastighet i relation till avstampskraft normaliserad mot kroppsvikt.

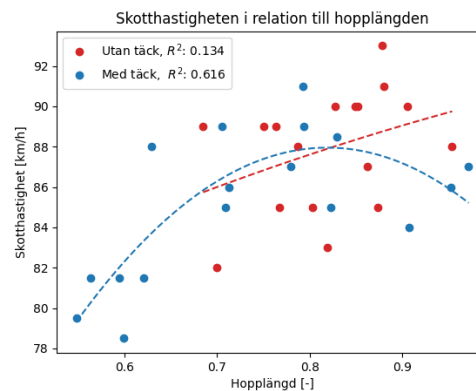


Figur 4.24: Skotthastighet i relation till sista stegets längd normaliserad mot kroppslängd.

4. Resultat



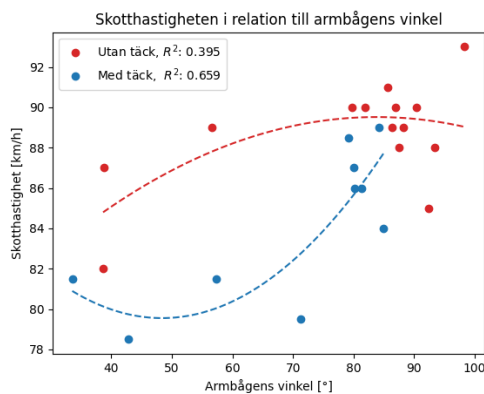
Figur 4.25: Skotthastighet i relation till midjans högsta höjd normaliserad mot kroppslängd.



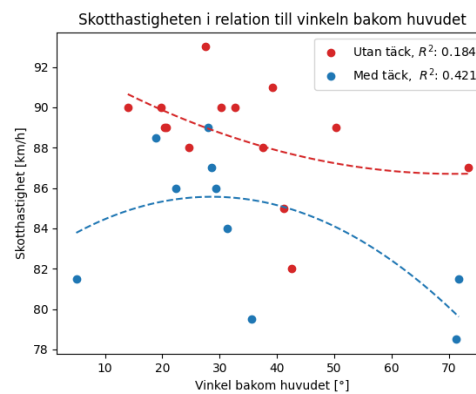
Figur 4.26: Skotthastighet i relation till hopplängd normaliserad mot kroppslängd.

4.2.1.3 Armvinkel

I Figur 4.27 visas vinkeln på armbågen när armbågen passerar axeln sett till skottriktning, se Figur A.2 för förtydligande av vinkeln. I Figur 4.28 visas armens vinkel in bakom huvudet. En större vinkel betyder att armen är mer in bakom huvudet. Skotthastigheten ökar med armbågens vinkel enligt Figur 4.27. De flesta skott visar dessutom en vinkel på ungefär 80–90°. I Figur 4.28 visas att större vinkel bakom huvudet ger mindre skotthastighet med och utan täck. Utan täck ger en stor spridning i resultatet medan täck ger ett starkare samband.



Figur 4.27: Skotthastighet i relation till armbågens vinkel.

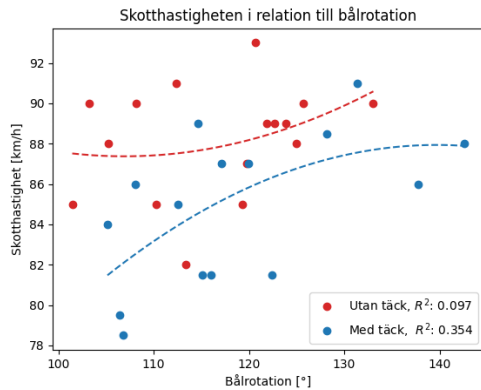


Figur 4.28: Skotthastighet i relation till vinkel bakom huvudet.

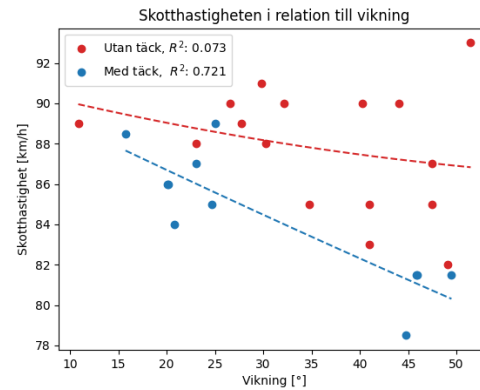
4.2.1.4 Bålrotation

I Figur 4.29 och Figur 4.30 redovisas inverkan av bålrotationen samt vikning av överkroppen. Bålrotationens vinkel är den största totala rotationen från ögonblicket spelaren lämnat marken till att bollen släpps. Vikningen mäts från dess att spelaren lämnar marken fram till bollsläpp, och beskriver skillnaden i överkroppens totala lutning framåt och bakåt, se Figur A.3 för maximal vikning framåt. Det framgår att

större bålrotation ger hårdare skott. I Figur 4.29 visas en stor spridning i resultatet utan täck. Enligt Figur 4.30 minskar skotthastighet med större vikning. Relationen är stark med täck, men med stor spridning utan täck.



Figur 4.29: Skotthastighet i relation till bålrotation.

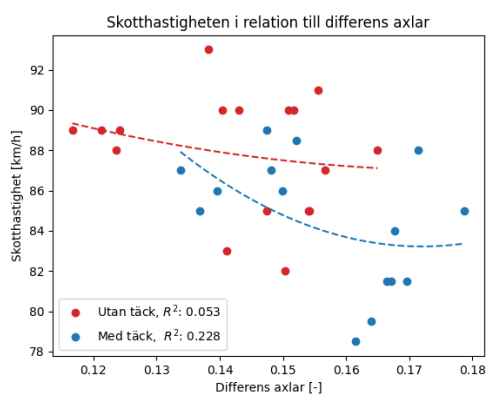


Figur 4.30: Skotthastighet i relation till vikning.

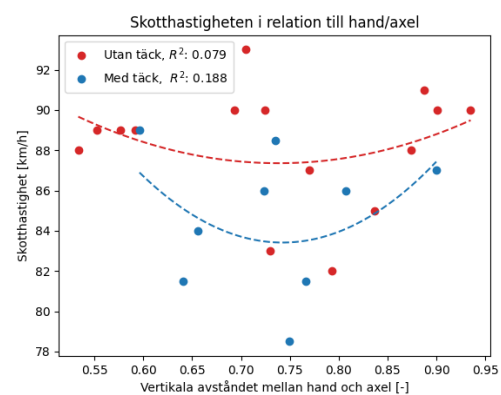
4.2.1.5 Vertikalt avstånd: hand–axel; vänster och höger axel

I Figur 4.31 och Figur 4.32 redovisas höjdskillnaden mellan axlarna normaliserad mot kroppslängd samt det vertikala avståndet mellan hand och axel normaliserad mot armlängd. Höjdskillnaden mellan axlarna uppmäts då spelaren släpper bollen. Det vertikala avståndet mellan hand och axel är beräknat när handen passerar axeln i skottriktningen. Enligt Figur 4.31 minskar skotthastighet med ökat vertikalt avstånd mellan axlarna. Utan täck fås stor spridning och litet R^2 -värde. I Figur 4.32 visas inget optimalt värde för handens höjd med stor spridning och litet R^2 -värde.

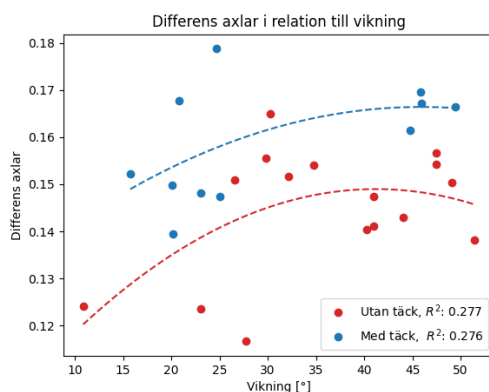
I Figur 4.33 visas differensen mellan axlarna normaliserad mot kroppslängd i relation till vikning. En högre vikning hänger samman med en högre differens mellan axlarna.



Figur 4.31: Skotthastighet i relation till differensen mellan axlarna normaliserad mot kroppslängd.



Figur 4.32: Skotthastighet i relation till det vertikala avståndet mellan hand och axel normaliserad mot armlängd.



Figur 4.33: Differens mellan axlar normaliserad mot kroppslängd i relation till vikning

4.2.2 Damer

4.2.2.1 Jämförelse skotthastighet — Högsta mot lägsta

I Tabell 4.9 och Tabell 4.10 visas resultat för snabbast respektive långsammast kast för varje spelare. Trender för Tabell 4.9 och Tabell 4.10 är att högre bålrotation ger större skotthastighet. Utan täck ger högre avstånd mellan axel och hand snabbare skotthastighet.

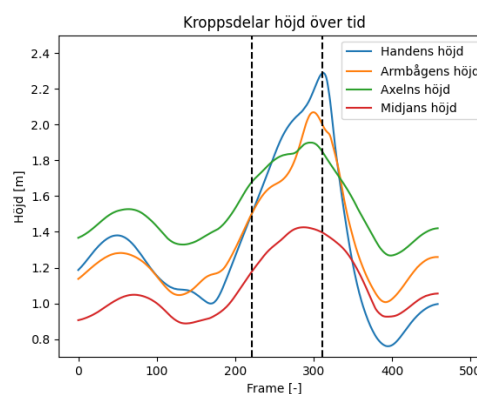
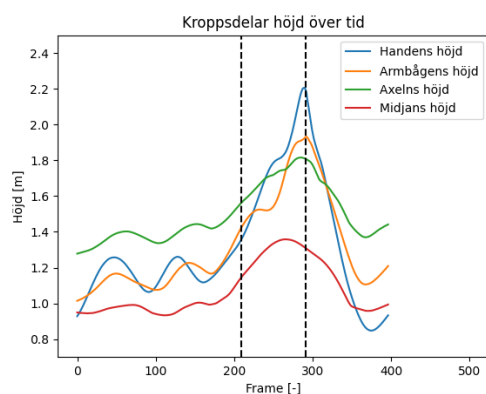
Tabell 4.9: Högsta mot lägsta skotthastigheten utan täck

Högsta och lägsta skotthastighet (utan täck)		Skotthastighet [km/h]	Avstampskraft [-]	Hopplängd [-]	Sista steget [-]	Bålrotation [°]	Vikning [°]	Axel hand [-]
F14	Spelare 1	73	2,99	0,79	0,83	124,95	21,95	0,37
		69,5	2,04	0,88	0,85	120,13	24,93	0,36
	Spelare 2	82	4,10	1,25	0,89	122,2	24,42	0,56
		78	3,43	1,26	0,82	118,46	21,96	0,52
DamJ	Spelare 1	71	2,75	0,75	0,76	126,88	24,31	0,82
		66	2,43	0,68	0,74	114,16	28,15	0,75
	Spelare 2	75	2,99	1,87	0,80	107,36	30,33	0,62
		72	3,00	1,23	0,69	106,48	18,91	0,64
Dam	Spelare 1	83	-	0,88	0,72	113,25	13,38	0,66
		78	-	0,82	0,62	117,20	10,29	0,66
	Spelare 2	83	-	0,86	0,67	116,04	37,17	0,72
		72	-	0,72	0,69	99,34	29,66	0,69

Tabell 4.10: Högsta mot lägsta skotthastigheten med täck

Högsta och lägsta skotthastighet (med täck)		Skotthastighet [km/h]	Avstampskraft [-]	Hopplängd [-]	Sista steget [-]	Bålrrotation [°]	Vikning [°]	Axel hand [-]
F14	Spelare 1	69	2,98	0,65	0,81	117,57	22,71	0,34
		62	2,82	0,76	0,85	112,29	21,44	0,24
	Spelare 2	80	3,29	1,31	0,89	97,07	24,42	0,43
DamJ	Spelare 1	71	3,57	1,01	0,83	98,97	21,96	0,72
		71	2,99	0,73	0,77	101,42	23,17	0,61
	Spelare 2	61	2,49	0,67	0,75	118,52	16,73	0,87
Dam	Spelare 1	74	2,83	1,12	0,79	116,07	24,71	0,71
		66	2,98	1,10	0,74	93,30	14,45	0,58
	Spelare 2	76	-	0,88	0,70	82,72	13,68	0,80
Dam	Spelare 1	74	-	0,59	0,80	120,55	31,8	0,29
		75	-	0,78	0,67	105,28	38,82	0,81
	70	-	0,81	0,79	96,80	36,10	0,84	

I Figur 4.34 och 4.35 visas midjan, axeln, armbågen och handens höjd över tid för damlagets spelares respektive bästa skott utan täck. Spelare 1 är V9 och spelare 2 är V6.

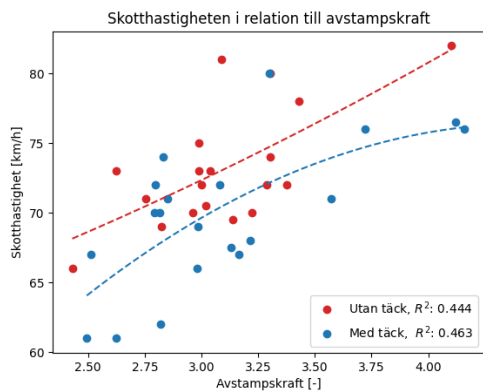


Figur 4.34: Kroppsdelars höjder över tid (Snabbaste kastet för Dam spelare 1). **Figur 4.35:** Kroppsdelars höjder över tid (Snabbaste kastet för Dam spelare 2).

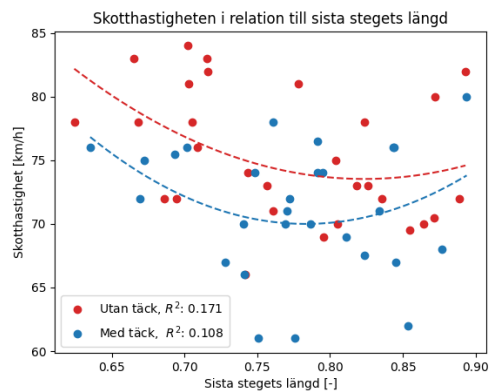
4.2.2.2 Avstampskraft

I Figur 4.36 – Figur 4.39 redovisas samma resultat som för herrarna med skotthastighet mot avstampskraft, sista stegets längd, midjans högsta höjd samt hopplängd.

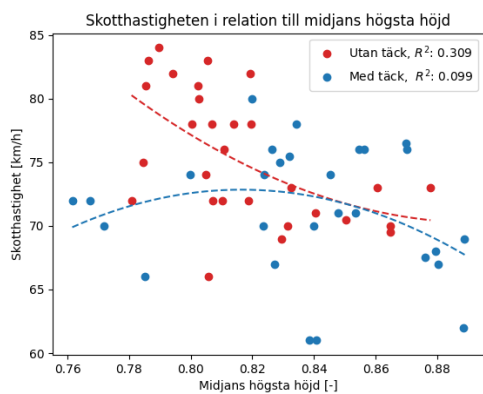
I Figur 4.36 framgår att högre avstampskraft ger högre skotthastighet. Figur 4.37 visar lite till ingen korrelation mellan längre sista steg och skotthastighet. Trendlinje visar på en nedgång, men med litet R^2 -värde är punkterna i resultatet med stor spridning till trendlinjen. Hopp höjd med midjans högsta höjd ger ingen korrelation till skotthastighet med täck i Figur 4.38. Utan täck visas en låg negativ trend mellan hopp höjd och skotthastighet. Lägre hopp höjd ger större skotthastighet. I Figur 4.39 visas att de flesta hopp har en längd på 60–120% av kroppslängden.



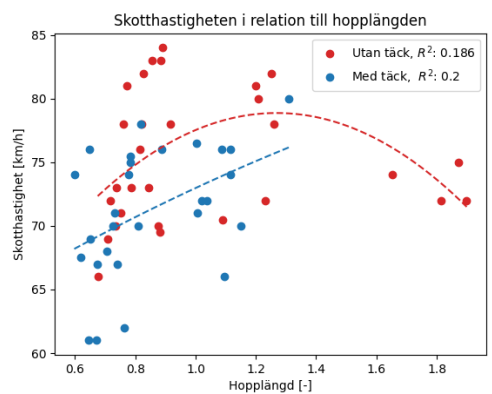
Figur 4.36: Skotthastighet i relation till avstampskraft normaliserat mot kroppsvikt.



Figur 4.37: Skotthastighet i relation till sista stegets längd normaliserat mot kroppslängd.



Figur 4.38: Skotthastighet i relation till midjans högsta höjd normaliserat mot kroppslängd.

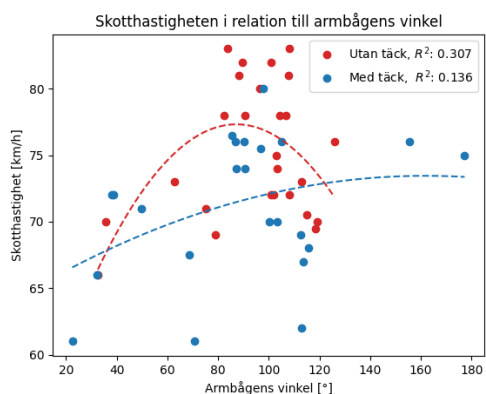


Figur 4.39: Skotthastighet i relation till hopplängd normaliserat mot kroppslängd.

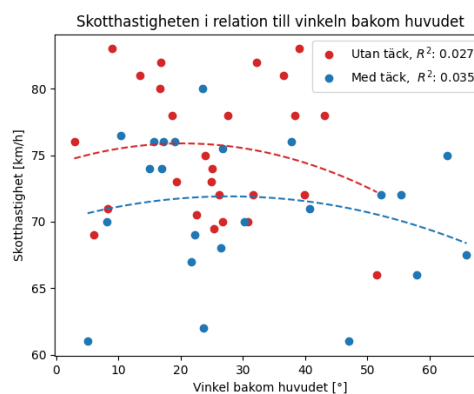
4.2.2.3 Armvinkel

I Figur 4.40 och Figur 4.41 redovisas skotthastighet mot armbågens vinkel samt vinkeln bakom huvudet för armen, på samma sätt som för herrarna.

I Figur 4.40 visas att damerna tenderar att ha vinkeln mellan 80–120°. Utan täck visas en optimal vinkel på cirka 90°. Med täck framgår ett svagt positivt samband mellan skotthastighet och armbågens vinkel. I Figur 4.41 visas inget samband vilket indikeras av låga R^2 -värden.



Figur 4.40: Skotthastighet i relation till armbågens vinkel.



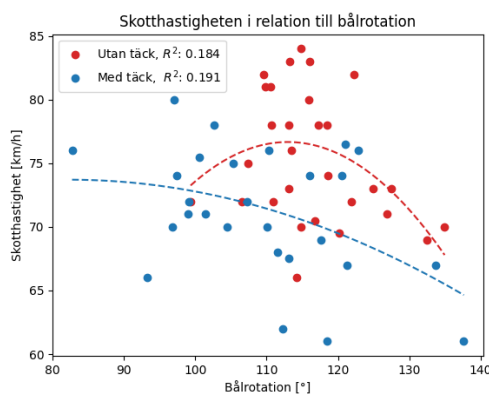
Figur 4.41: Skotthastighet i relation till vinkeln bakom huvudet.

4.2.2.4 Rotation

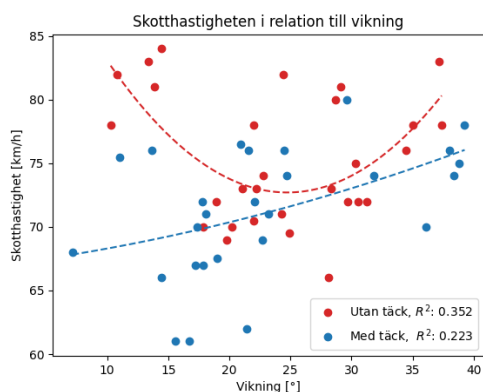
I Figur 4.42 och Figur 4.43 redovisas bålrotation och vikning på samma sätt som för herrarna.

I Figur 4.42 framgår att ökad bålrotation ger lägre skotthastighet. Utan täck är punkterna med mindre spridning och ett optimalt värde på ungefär 115° . Vid täck sprids punkterna mer med ett intervall på $80\text{--}140^\circ$. Värdena har stor spridning såväl med täck som utan.

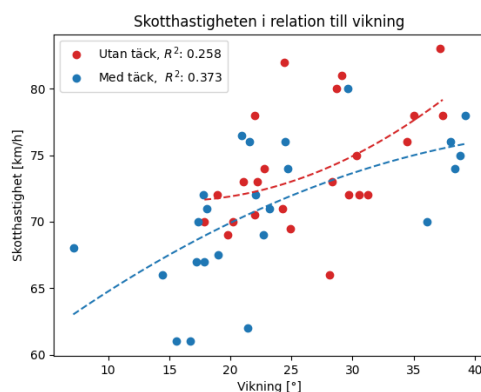
I Figur 4.43 visas ingen tendens att damer har ett optimalt värde på total vikning utan täck. Med täck visar trenden på en ökning av skotthastighet med ökad total vikning. Trenderna skiljer sig åt vid jämförelse mellan skott med och utan täck. Det beror i stort på att en spelare särskiljer sig från övriga, speciellt vid skotten utan täck. Med den spelaren bortplockad från datan framträder tydligare positiva trender, se Figur 4.44.



Figur 4.42: Skotthastighet i relation till bålrotation.



Figur 4.43: Skotthastighet i relation till vikning.



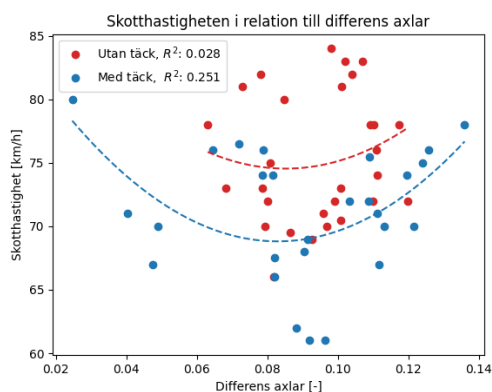
Figur 4.44: Skotthastighet i relation till vikning (utan en spelare).

4.2.2.5 Vertikalt avstånd: hand-axel; vänster och höger axel

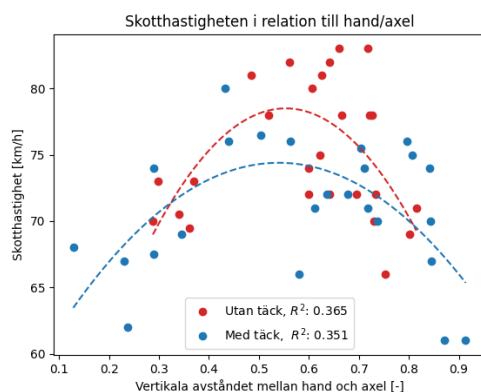
I Figur 4.45 och Figur 4.46 redovisas differensen mellan axlarna samt vertikalt avstånd mellan hand och axel på samma sätt som för herrarna.

Det framgår i Figur 4.45 att skotthastigheten är som högst när höjdskillnaden mellan axlarna är som minst eller störst.

I Figur 4.46 visas starka trender för ett optimum mellan hand och axel vid ungefär 55–60% av armlängd för både med och utan täck. Punkterna visar mindre avvikelse från trendlinjen än de flesta data från detaljstudien.



Figur 4.45: Skotthastighet i relation till differensen mellan axlarna normaliserat mot kroppslängd.



Figur 4.46: Skotthastighet i relation till det vertikala avståndet mellan hand och axel normaliserat mot armlängd.

5

Diskussion

Syftet med rapporten var att identifiera bidragande faktorer till ett hårdare hoppeskott från niometerslinjen. Förhoppningen var att finna tydliga mönster som sedan kunde användas för att förbättra träning och utveckling för spelare från en ung ålder. Parametrar som undersöktes var antropometriska mått, rotation av kroppen och position för kroppens olika kroppsdelar.

5.1 Antropometriska mått och erfarenhet

Undersökningen finner starka samband mellan längd, vikt, erfarenhet, armlängd och skotthastighet både på herr- och damsidan, se Tabell 4.5 och 4.6. På damsidan har det innan visats liten korrelation mellan vikt, längd och skotthastighet [11]. Sett till armlängd och längd, vilka är nära sammankopplade mått, är det naturligt att spelaren genererar mer kraft i avslutet, tack vare en längre hävarm. Sambandet mellan längd, vikt, erfarenhet och armlängd hänger dock starkt samman med ålder och bör tas i beaktning. Yngre spelare är naturligt mindre och svagare än äldre.

Tidigare forskning visar även att starkare spelare skjuter hårdare [6]. I studien registreras endast vikt och inte fördelning mellan muskler och övrig vävnad. Det är däremot rimligt att antaga, i sammanhanget att alla testobjekt är aktiva handbollsspelare, att en högre vikt indikerar en ökad mängd muskelmassa.

En noterbar avvikelse från tidigare linjära samband är erfarenhet. På damsidan framträder en logaritmiskt avtagande trend i Figur 4.13. Under sina första år som spelare ökar skotthastigheten markant, men allt eftersom avtar ökningen och planar mer eller mindre ut. Efter fler än tio år ger ökad mängd erfarenhet en mer eller mindre försumbar ökning av skotthastigheten.

På herrsidan framträder däremot en motsatt trend, se Figur 4.4. För skott tagna utan täck är sambandet nära linjärt, med en svagt ökande trend. Men för skott tagna med täck framgår det att ökad erfarenhet ger exponentiellt ökad skotthastighet.

En förklaring till ovanstående resultat gällande erfarenheten är möjligen att herrspelare i större utsträckning än damspelare ser en ökad fysisk förmåga i samband med ålder och ökad erfarenhet. Detta stöds i tidigare studier [12][13], då det påvisas att damers fysiska prestation avtar vid mitten av tonåren. Herrar under

puberteten ökar kraftigt i längd och kroppsvikt, vilket bidrar till ökad hopp höjd och skotthastighet. Skillnaden mellan täck kontra utan täck tillskrivs möjligheten att herrspelare efter viss fysisk utveckling inte längre störs i samma utsträckning av täcket som tidigare, och därför visas en kraftigare ökning sett till erfarenhet jämfört med skotten utan täck. I studien deltog endast upp till P14 på herrsidan, vilket är under puberteten. Om äldre spelare hade deltagit, skulle sannolikt en avtagande skotthastighet med åldern ha observerats, liknande resultaten för damerna.

5.2 Herrar

I det här delkapitlet diskuteras erhållna resultat från masstesterna och detaljstudien för herrar.

Ur Tabell 4.1 – 4.4 framgår att medelvärdet av hopp höjden ökar vid avslut mot täck för samtliga lag i videoanalysen i 2D. Det går även att utläsa att medelvärdet av handens och armbågens hösta höjd för samtliga lag ökar proportionerligt mer vid täck än midjan och axeln. Det innebär att förutom att hoppa högre sträcker de även mer på armen. En enkel förklaring till varför spelare hoppar högre är för att nå högre och hamna ovanför motspelarens täckande armar. Det är även enklare att sträcka mer på armen än att hoppa högre, vilket eventuellt förklarar varför ökningen är proportionellt högre där.

Gällande vinkning av överkroppen från masstudien påvisades ingen korrelation varken med eller utan täck, men det är värt att notera att skott med högst hastighet låg mellan 12–20°, se Figur 4.7. Dock framgår i detaljstudien att spelarna ofta håller sig över 20° vinkning, se Figur 4.30. Skillnaden i värden för vinkningen beror eventuellt på att punkterna på kroppen som analyseras inte är placerade på samma ställe och att det förekommer flimmer i datan för masstesterna. I detaljstudien minskade skotthastigheten med större vinkning, särskilt med täck. Det kan möjligtvis bero på att spelaren kommer för nära täcket och antingen psykologiskt stannar upp sitt skott eller stannar upp kroppen för att inte hoppa in i täcket. Därmed kan hastigheten minska i samband med täck och vinkning. I Figur 4.30 ligger därmed skott med högst hastighet runt 25–30°, om en datapunkt längst upp till höger med högst vinkning inte tas med. Det här liknar resultatet från masstudien i Figur 4.7 där vinkeln ligger ungefär runt 25° och stärker därmed resultatet. Här bör som alltid antalet mätpunkter tas i beaktning. Värt att notera är att korrelation är låg.

Bålrotation, som är ytterligare en parameter för överkroppen undersöktes under detaljstudien, se Figur 4.29. Ur studien framträder ett svagt positivt samband mellan bålrotation och skotthastighet. Det är framför allt tydligt för fallet med täck. Det förklaras genom att rotation av bålen förlänger hävarmen.

För herrarna i detaljstudien påvisades en svagt negativ trend mellan höjdskillnaden i axlarna och skotthastighet, se Figur 4.31. En hypotes till varför det gäller är för att axeldifferens och vinkning hör ihop. Större vinkning ger större höjdskillnad för axlarna, se Figur 4.33, och ökad vinkning ger i sig lägre skotthastighet enligt detaljstudien, se

Figur 4.30.

Gällande vinkeln på armbågen var ingen större än 100° men de flesta låg samlade runt 90° . Vinkeln bakom huvudet visas i Figur 4.28 och visar att spelarna tenderar att ha vinkeln mellan $20\text{--}50^\circ$. Datamängden är för liten för att dra några egentliga slutsatser annat än att vinkeln på armbågen och vinkeln in bakom huvudet bör ligga i redovisade intervall.

En framträdande trend för herrarna är att högre hopphöjd leder till högre skotthastighet, se Figur 4.8. Samma fenomen gick att observera för damerna, däremot framgick det där att de yngre åldrarna, F10–12, hade stor inverkan på resultatet. Se tredje stycket i Kapitel 5.3 för en fördjupning av resonemanget. Eftersom gruppen *Herrar* endast består av spelare från P10–14 ses det som troligt att samma resonemang gäller här.

Kopplat till hopphöjd är avstampskraft, sista stegets längd och hopplängd, se Figur 4.23, 4.24, 4.26. Avstampskraft visar ingen korrelation till skotthastighet, men noterbart är att spelare tenderar att ligga på runt tre gånger sin egen kroppsvikt. Längre sista steg och hopplängd visar en trend för högre skotthastighet. En förklaring till sista stegets längd och hopplängd är att större steg och längre hopplängd hänger samman med hastigheten framåt. En högre löphastighet leder naturligt till en högre skotthastighet då hastighetsmätarna inte tar hänsyn till spelarens hastighet i skottet. Optimalt i ett skott är att springa in mot täcket och generera hastighet i skottet från hoppet.

I Figur 4.21 och 4.22 visas visuellt hur olika kroppsdelarna rör sig i hoppet. Från dessa grafer visas inget samband mellan höjd och skotthastighet men de ger en bild av olika hopptechniker. Figur 4.21 visar ett skott utfört av en skytt. Det som särskiljer spelaren från den andra är att han genomför skottet i upphoppet, innan han nått maximal höjd. Alla andra spelare i detaljstudien skjuter precis efter de att de nått sin högsta midjehöjd. Spelaren i fråga presterar dock högt på mätningarna av skotthastighet vilket visar på att individuella avvikelser går att kompensera för.

5.3 Damer

Ur Tabell 4.1 – 4.4 framgår att medelvärdet av hopphöjden ökar vid avslut mot täck för samtliga lag i videoanalysen i 2D. Det går även att utläsa att medelvärdet av handens högsta höjd för samtliga lag ökar vid täck.

Det går att avläsa en korrelation mellan skotthastigheten och avstampskraften, se Figur 4.36. Större avstampskraft resulterar i ett hårdare skott. Det går också att urskilja att ett kortare sista steg bidrar till ett hårdare skott. Det kan kopplas till resultatet för avstampskraften. Ett för långt sista steg bidrar till att spelaren inte kan generera lika mycket kraft i upphoppet och avstampskraften blir därför mindre. Det är värt att notera att trendlinjen visar en svagt uppåtgående utveckling för längre steglängder. I grafen syns datapunkter som inte är sammankopplade

med resten av punkterna, så kallade outliers, högst upp till höger. Alla outliers registrerades för samma spelare, se A.1 för grafen utan dessa outliers.

Både resultatet av videoanalysen i 2D och detaljstudien tyder på att spelarna hoppar högre vid avslut mot täck, se Figur 4.1 och 4.38. I detaljstudien framgår det att skotthastigheten minskar då hopphöjden ökar. Det står i kontrast till resultatet i videoanalysen som redogör för att skotthastigheten ökar då spelarna hoppar högre. Det beror sannolikt på att de yngre spelarna, F10–F12, medverkade i studien med videoanalys i 2D och inte i detaljstudien. I Figur 4.18 presenteras skotthastigheten i relation till midjans höjd ifrån videoanalystesterna i 2D utan F10–F12. Ur figuren går det att utläsa att skotthastigheten likt i detaljstudien minskar med en högre hopp höjd. En förklaring till detta är att F10–12 både skjuter lösare, samt hoppar lägre än de äldre spelarna. Det leder naturligt till en avvikelse från trenden som observerades i detaljstudien.

I Figur 4.40 presenteras skotthastigheten i relation till armbågens vinkel. I grafen är de flesta av datapunkterna placerade i ett kluster vid 90–120°. De datapunkter med högst registrerade hastigheter är samtliga lokaliserade inom intervallet vilket kan indikera att intervallet är gynnsamt för ett hårt avslut. Detta är dock svårt att fastställa sett till antalet datapunkter. Det är svårt att urskilja något samband mellan skotthastighet och vinkeln bakom huvudet, se Figur 4.40. Dessutom är det svårt att tyda täckets påverkan på vinkeln. Det som går att utläsa är att det finns fler datapunkter med högre vinkel bakom huvudet vid täck än utan men dessa är få för att dra någon slutsats.

Gällande skotthastighetens relation till bålrotationen med och utan täck är det svårt att urskilja ett samband, se Figur 4.42. Det går dock att utläsa att spelarna tenderar att utnyttja bålrotationen mindre vid avslut mot täck. En hypotes är att spelarna fokuserar på att hoppa högt och därför förlorar de stabiliteten som behövs för att kunna rotera bålen mycket. Dessutom framgår det att spelarna förlorar kraft vid skott med en bålrotation över 120°. Det kan bero på att det förhindrar den koordination som ett skott kräver samt att spelarna inte har styrka nog att genomföra rotationen med kraft.

I Figur 4.43 framgår det att skotthastigheten ökar i samband med att spelarna viker sig mer vid genomförandet av ett hoppskott mot täck. Vid avslut utan täck i grafen bidrar ett avvikande resultat från en spelare till att sambandet ser ut att vara olinjärt. Om spelarens datapunkter tas bort visas en liknande trend med täck och utan täck, se Figur 4.44. Det är inte klart varför denna spelaren avviker från andra, men en möjlig förklaring kan vara starkare fysisk förmåga än resterande spelare i studien, därav är det möjligt att skottet blir hårdare även utan vikning då. Spelaren behöver inte den extra kraft som vikningen ger för att åstadkomma ett hårt skott. Att skotthastigheten ökar i samband med ökad vikning överensstämmer även med resultatet i Videoanalysen i 2D, se Figur 4.16.

Vidare framgår att det finns ett optimum för avståndet mellan hand och axel.

På grund av bristen på datapunkter är det dock svårt att fastställa dess exakta värde. I Figur 4.46 går det att avläsa att spelarna skjuter som hårdast med ett avstånd mellan axel och hand på 60–70% av total armlängd både med och utan täck. Vid täck är dock spridningen större än vid skott utförda utan täck. Det kan bero på att vissa spelare väljer att skjuta runt täcket medan andra avslutade över täcket. Om spelaren sköt runt täcket med mycket låg arm resulterade det i minskad kraft och ett lösare skott. På samma sätt medför en för hög arm att skotthastigheten minskar, troligtvis på grund av avsaknad av muskelstyrka i axeln.

Avslutningsvis presenterar Figur 4.34 och 4.35 handens, armbågens, axelns och midjans höjd över tid. Det var vid analys av spelarnas olika kast svårt att utläsa något mönster för ett hårt kast. Däremot ger det en god visuell förståelse för ordningsföljden och kaströrelsen i sin helhet. Dessutom går det att urskilja vissa särdrag för olika positioner. Det framgår exempelvis att kantspelare vars skott presenteras i Figur 4.35 ofta spenderar mer tid i luften samt skjuter senare än skytten.

5.4 Felkällor

För både masstesterna och detaljstudien finns det ett antal felkällor som bör diskuteras.

En aspekt som eventuellt påverkar resultatet är att inga av de analyserade avsluten sker under normala förhållanden i matchsituation. Det kan eventuellt bidra till att spelarna tog sig an uppgiften med olika stort allvar. Flera spelare var även märkbart nervösa, både under masstesterna och under detaljstudien, och lade stort fokus vid att till exempel hoppa precis från markeringen eller kraftplattan. Det här avleder ytterligare från huvudmålet att producera ett maximerat kraftfullt avslut. Slutligen genomfördes detaljstudien inte på en handbollsplan vilket gör situationen ännu mer olik normala förhållanden.

Under masstesterna och detaljstudien användes olika täck för de olika tillfällena beroende på materiell tillgänglighet i de olika hallarna samt vilken åldersgrupp som testades. För de äldre grupperna kunde ett matchlikt täck användas med hjälp av två meter höga träningsdockor. För de yngre grupperna användes olika höga mattor, plintar och mål för att skapa ett rimligt högt täck. Vissa täck gav mindre syn mellan spelaren och målet, vilket bidrar till mindre matchlikt skott. Täckten stod dessutom på lite olika längd från spelaren. Under detaljstudien användes en riktig spelare som täck för att göra det mer matchlikt.

Vidare hade *Google MediaPipe* i vissa vitala skeden problem att hålla isär punkter från varandra. Speciellt vid ögonblicket när armen passerar huvudet. Det var även en del flimmer, punkter som delvis försvann för att sedan fångas upp igen. Också placeringen av punkterna var inkonsekventa mellan olika spelare och hade stor inverkan på resultatet. Datan som erhålls från punkterna beror på vart i kamerabilden punkten befinner sig och ger ett värde mellan 0–1. En spelare som inte hoppar vid den angivna markeringen utan hoppar närmare kameran upplevs enligt

datan hoppa högre än vad spelaren egentligen gör och på samma sätt tvärtom om spelaren hoppar upp längre från kameran.

Något som bör beaktas för hela studien är antalet deltagare samt åldersfördelningen bland dessa. Totalt deltog 117 spelare, 36 herr- och 81 damspelare. Det hade särskilt stor inverkan på herrarna eftersom valet gjordes att dela upp studien efter kön. Dessutom deltog endast yngre deltagare från herrsidan vid masstesterna, där vi tittade på P10–P14.

En annan faktor att ta i beaktning är användandet av olika bollar samt klister hos de äldre åldersgrupperna. En större boll väger mer än en mindre och därmed behövs mer kraft för samma hastighet. Användning av klister ger dessutom annan teknik för skott. Vilket som ger snabbast skott, med eller utan, är dock inte klarlagt.

Olika positioner på spelarna kan också diskuteras som eventuell felkälla. Med olika teknik som kan ses i Figur 4.21 och 4.22 skjuter spelarna vid olika tidpunkter. Under detaljstudien var detta en större betydande faktor för resultatet på grund av mindre population spelare. Som nämntes i inledningen fokuserar heller inte kantspelare på kraft i alla matchlägen, vilket spelarna på niometerslinjen oftare gör.

Med hänvisning till syftet rekommenderas för framtida studier att utöka antalet deltagare, samt att avgränsa den till endast seniorspelare på samma nivå. Dels för att minska den statistiska osäkerheten kring resultaten, men framför allt för att eliminera påverkan från faktorer som hänger samman med ålder. Det är naturligt att en spelare på seniornivå skjuter hårdare än en flicka från F10, och att sagd spelare väger mer. Det betyder dock inte nödvändigtvis att skyttekraft är starkt positivt korrelerat med vikt som studien påvisar. Likadant gäller att äldre spelare hoppar högre, men det betyder inte nödvändigtvis att högre hopphöjd leder till ett hårdare skott.

Med ett större antal deltagare hade den statistiska osäkerheten minskat och vidare möjliggjort en närmare granskning av individuella åldersgrupper. Det hade varit intressant att se hur övergripande trender står sig hos de olika åldrarna, vilket nu inte var möjligt. Till exempel deltog endast åtta spelare i kategorin P14, vilket är ett alldeles för litet antal för någon trendanalys. I stället beslutades det nu att för masstesterna studera samtliga herr- respektive damspelare gemensamt. Det bidrog rimligtvis till ett missvisande resultat när olika åldersgrupper analyserades.

6

Slutsats

Studien utgick från flera frågeställningar med syfte att fastställa bakomliggande faktorer till ett hårt hoppkott. Detta för att utbilda och tidigt implementera optimal teknik i ungdomars träning. Studien syftade till att besvara vilken effekt kraften i avstampet hade på skotthastigheten och hur rotationen såg ut vid ett hoppkott. Dessutom skulle studien undersöka hur höjden på midja, axel och hand påverkade skotthastigheten. Därutöver önskades täckets påverkan på hoppkottet besvaras. Vidare skulle studien identifiera trender som ledde till ett hårt skott. Avslutningsvis önskades att resultaten skulle kunna ge vägledning för utformningen av träningar för ungdomar.

Avstampskraften på herrsidan visade ingen direkt korrelation med skotthastigheten. Däremot framgick det på herrsidan att ett längre sista steg och ökad hopplängd bidrog till en högre skotthastighet. Detta förklaras av att en ökad löphastighet kan resultera i en högre skotthastighet. På damsidan bidrog emellertid ett kortare steg till en högre avstampskraft vilket korrelerade med en högre skotthastighet. Det kan bero på att det är svårare att generera kraft med ett längre sista steg.

Resultaten visar att det är fördelaktigt för herrar att luta sig mindre framåt, medan damer ska göra det motsatta. Det grundar sig antagligen i att det damerna saknar herrarnas fysiska förmåga. På damsidan går det att utläsa att spelarna tenderar att utnyttja bålrotationen mindre vid avslut mot täck. Dessutom framgår det att spelarna förlorar kraft vid en bålrotation över 120° . På herrsidan är det dock svårt att finna samband mellan bålrotation och ökad skotthastighet. Det finns svagt positiv korrelation vilket kan bero på att spelarna får en längre hävarm.

Hopp höjden mättes vid olika punkter på kroppen, inklusive midjan, axeln och handen. Resultaten visade att hopp höjden varierade beroende på situationen och spelarnas teknik. Generellt sett ökade hopp höjden när spelarna avslutade med täck jämfört med skott utan täck. Dessutom går det på damsidan att urskilja att medelvärdet av handens högsta höjd ökar för samtliga lag vid skott mot täck.

Från studien framgår att spelare överlag skjuter annorlunda med täck jämfört med utan. Vid skott med täck kommer spelaren att skjuta lösare, handen kommer att hållas högre vid bollsläppet och överkroppen kommer även ha en mindre lutning framåt. Eftersom handen hålls högre än optimum och spelaren kommer luta sig mindre framåt kommer skottet inte bli lika hårt. Däremot ökade skotthastigheten när spelarna vek sig mer vid genomförandet av ett hoppkott mot täck. På damsidan

visade det sig att spelare som sköt runt täcket med en låg arm tenderade att producera skott med mindre kraft.

Det är svårt att avgöra precis vad som avgör ett hårt hoppskott eftersom det i stor mening beror på individuella skillnader hos spelarna. Det som studien har fastställt är det finns en hög inverkan av antropometriska mått på spelarna. Studien bekräftar tidigare dragna slutsatser i refererade studier gällande antropometriska mått på spelare. Detta understryker vikten av att ta hänsyn till individuella fysiska egenskaper och erfarenhetsnivåer vid analysen av spelare från olika åldrar och kön.

De identifierade trenderna ger en grund för hur träningar med ungdomar kan genomföras. Tränare kan på damsidan fokusera på att utveckla spelarnas teknik för att maximera avstampskraften samt att inte låta spelarna ta ett för långt sista steg. Vidare bör de arbeta med att få ett högre avstånd mellan axel och hand för unga spelare. Det för att i en tidigare ålder etablera en bra teknik. Studien visar att det kan vara gynnsamt att använda ett täck för yngre spelare för att hjälpa dem att ta upp armen. I äldre åldrar handlar det om att hitta ett optimalt läge för enskilda spelare. Studien visar även att det är viktigt att få med rotation i skottrörelsen. På herrsidan bör fokus ligga på att etablera en upprätt spelteknik där höjddifferens mellan axlarna är låg. Därtill är det viktigt att spelarna lär sig att ha en hög arm vid skottet.

Litteratur

- [1] *Handboll – Wikipedia*. URL: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Handboll>.
- [2] *IHF | The boom of children's handball: handball's future looks bright*. URL: <https://www.ihf.info/media-center/news/boom-childrens-handball-handballs-future-looks-bright>.
- [3] *Herrarnas EM-handboll har kört i gång – över 53 000 åskådare såg premiären – Sport – svenska.yle.fi*. URL: <https://svenska.yle.fi/a/7-10048858>.
- [4] A. Claesson, G. Hagström, S. Hansson, R. Lorén och C. Skogum, "Jakten på det perfekta handbollsskottet: Analys av avstämt handbollsskott," juni 2021. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.12380/302386>.
- [5] M. Gutiérrez Davila, P. L. García, J. Párraga Montilla och F. J. Rojas Ruiz, "Effect of opposition on the handball jump shot," *Journal of Human Movement Studies*, årg. 51, nr 4, 2006, ISSN: 03067297.
- [6] I. Ilić, S. Durlevic, S. Bubanj, B. Bjelica, N. Aksović och T. Dobrescu, "Impact of Explosive Strength on Shot Speed in Handball," *GYMNASIUM*, årg. XXIV, s. 109–119, dec. 2023. DOI: 10.29081/gsjesh.2023.24.2.07.
- [7] A.-R. Akl, I. Hassan, A. Hassan och P. Bishop, "Relationship between Kinematic Variables of Jump Throwing and Ball Velocity in Elite Handball Players," *Applied Sciences*, årg. 9, nr 16, 2019, ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app9163423. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/16/3423>.
- [8] *Spelregler*, 2022. URL: https://www.svenskhandboll.se/download/18.6ad543dc18b143ed1df72926/1697194591236/Handbollens_Spelregler_2022.pdf.
- [9] H. Wagner, M. Buchecker, S. P. von Duvillard och E. Müller, "Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw," *Journal of Sports Science and Medicine*, årg. 9, nr 1, 2010, ISSN: 13032968.
- [10] A. Alneama, S. Hermassi, L. D. Hayes m. fl., "Differences in the Anthropometric Measurements and Performance Tests of Qatari First Division Handball Players Depending on Position," *Applied Sciences*, årg. 13, nr 23, 2023, ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app132312644. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/23/12644>.
- [11] M. Rios, R. J. Fernandes, R. Cardoso m. fl., "Physical Fitness Profile of High-Level Female Portuguese Handball Players," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, årg. 20, nr 9, 2023, ISSN: 1660-4601. DOI: 10.3390/ijerph20095751. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/9/5751>.

- [12] M. B. Eric Doré och E. V. Praagh, "Squat Jump Performance During Growth in Both Sexes," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, årg. 79, nr 4, s. 517–524, 2008, PMID: 19177953. DOI: 10.1080/02701367.2008.10599518. eprint: <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599518>. URL: <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599518>.
- [13] J. D. Vescovi, R. Rupf, T. D. Brown och M. C. Marques, "Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12–21 years of age," *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, årg. 21, nr 5, s. 670–678, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x>.
- [14] *MediaPipe* | Google. URL: <https://developers.google.com/mediapipe>.
- [15] *Qualisys Track Manager* | Qualisys. URL: <https://www.qualisys.com/software/qualisys-track-manager/>.
- [16] *QAcademy* | Qualisys. URL: <https://www.qualisys.com/my/qacademy/#!/tutorials/what-is-motion-capture>.
- [17] *Pearsons korrelationskoefficient* | Laerd Statistics. URL: <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/pearson-correlation-coefficient-statistical-guide.php>.
- [18] U. Menzel, "Sannolikhet och statistik: Intervallskattning," 2008. URL: https://www2.math.uu.se/~uwe/SOS_HT08/Kap12.pdf.
- [19] Biltema, *Skottmätare, Artnr. 45-7852*. URL: <https://www.biltema.se/fritid/sport/tekniktraning/skottmatare>.
- [20] *Miquis motion capture Cameras- Capture more with less*. URL: <https://www.qualisys.com/cameras/miquis/#!/#tech-specs>.
- [21] Qualisys AB, *User Manual. Module: Functional Assessment. Version: 2.5.1+398*, [Online; accessed May 2, 2024], 2023. URL: <https://cdn-content.qualisys.com/2021/11/Sports-Marker-Set.pdf>.
- [22] Advanced Mechanical Technology, Inc, *Biomechanics Measurement Series (BMS) Previous MN: BP400600-OP*, [Online; accessed May 2, 2024], 2024. URL: <https://www.amti.biz/product/bms400600/>.

A

Appendix

Tabell A.1: Tagna mått för F10

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	143	32	10	2,5	42	21
2	153	46	10	1,5	47	24
3	149	37	10	2	47	23
4	140	-	10	1	43	22
5	-	40,7	11	2	48	22
6	150	40	10	1	44	21
7	153	36,2	11	3	50	24
8	145	38	10	2	46	22
9	150	41	10	3,5	49	23
10	141	30	10	2	40	21
11	153	-	10	4	46	23
12	151	38,4	10	4	46	21
13	141	34	11	3	43	19
14	139	31	10	1	44	21
15	140	35	10	3	44	21
16	158	44	11	0,2	48	22
17	145	40	10	0,5	46	23

Tabell A.2: Tagna mått för F12

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	150	40	12	2,5	42	21
2	170	80	13	6,5	50	26
3	160	50	12	2,5	50	22
4	169	55	12	2,5	55	23
5	161	55	12	7	53	25
6	162	54	12	3	49	23
7	170	60	13	4	55	25
8	164	58	13	5	53	24
9	157	42	12	5	48	23
10	172	50	12	6	53	23
11	165	50	12	6	52	22
12	169,5	55	12	2,5	54	25
13	152	46	12	5,5	50	22
14	158	46	12	6	50	23
15	-	-	12	1,5	47	21
16	164	52	12	4	53	23
17	160	43	12	5	51	23
18	172	-	12	4	55	24
19	162	45	12	7	51	24
20	157	42	12	2,5	52	23
21	158	45	12	6	53	22
22	169	47	12	0,5	56	25
23	165	55	12	6	55	24
24	174	-	13	1,5	59	28
25	155	41	12	2	48	21
26	152	41	12	0,25	49	20

Tabell A.3: Tagna mått för F14

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	172	62	14	7	55	25
2	158	-	14	8	47,5	24
3	161	50	14	9	48	25
4	168	55	14	8	51	24
5	176	62,4	14	7	55	27
6	171,2	-	15	6	52	26
7	174	60	15	8	55	27
8	167	65	14	7,5	53	26
9	164	54	14	6	52	25
10	175	64	14	6	55	27
11	173	60	15	8	56	28
12	180	62	15	0,2	56	27

Tabell A.4: Tagna mått för DamJ

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	165	-	18	9	52	26
2	166	-	17	10	50	26
3	162	62	18	10	49	25
4	166	-	17	10	51	25
5	172	62	17	7,5	54	27
6	177	-	17	11	52	25
7	174	64	18	10	54	27
8	171	72	18	12	55	27
9	167	-	15	6,5	49	25
10	165	60	18	10	52	26
11	170	70	19	12	54	26
12	169	-	16	7	52,5	26
13	180	54	15	7	56	27
14	173	77	19	14	52	26

Tabell A.5: Tagna mått för dam

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	174	66	18	11	52	28
2	165	60	18	10	53	25
3	163	60	18	12	52	23
4	177	70	24	17	58	29
5	177	70	24	17	56	28
6	171	60	25	17	52	26
7	171	73	18	12	54	27
8	172	78	28	23	52	26
9	172	-	29	17	56	27
10	170	70	24	17	53	26
11	167	70	20	14	52	26

Tabell A.6: Tagna mått för P10

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	155		10	3	50	24
2	144	38	10	4	43	20
3	141	30,3	11	4	44	22
4	141	27	10	4	42	21
5	141	31,5	10	5,5	43	20
6	147,1	40	10	2	41	21
7	151	35	10	2,5	46	25
8	145	30	10	4	45	24
9	150,8	29,8	10	2,5	46	25
10	140,8	29,5	10	4	44,5	21
11	138,1	28,3	10	3	44	23
12	153	38	10	5,5	44	22,5
13	152	39	10	0,5	45	22,5
14	143	32,8	10	1,5	41	22
15	157	40	10	0,1666	46	24

Tabell A.7: Tagna mått för P12

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	163	51	12	3,5	52	24
2	177	63	12	3	57	26
3	178	70	13	4	57	27
4	153	40	12	5	49	22
5	164	49	12	3,5	52	24
6	161	46	13	1,5	50	23
7	164	60	13	7	53	27
8	175	65	13	5	60	28
9	161	44	12	1,5	51	24
10	160	43	13	4	52	24

Tabell A.8: Tagna mått för P14

Spelare	Längd [cm]	Vikt [kg]	Ålder [år]	Erfarenhet [år]	Armlängd [cm]	Underarm [cm]
1	187	79	14	5	60	28
2	184	72	14	9	56	25
3	170	57	14	4	52	24
4	173	58	14	3	55	25
5	172	61	14	2	55	26
6	175	72	15	3,5	57	27
7	177	65	14	2	53	26
8	167	59	14	6	57	28

Tabell A.9: Medelvärde av skotthastighet för samtliga spelare, utan täck

Sp.	Skotthastighet i km/h (utan täck)							
	F10	F12	F14	DamJ	Dam	P10	P12	P14
1	61,17	56,00	73,33	71,00	86,00	59,00	73,50	88,00
2	52,00	68,33	78,67	68,00	75,67	60,67	69,00	86,17
3	40,67	53,00	73,00	77,67	75,00	52,33	75,00	69,83
4	47,67	63,00	70,00	74,33	85,33	49,83	66,17	76,50
5	51,67	67,50	70,33	77,33	80,67	54,17	66,00	76,00
6	46,67	71,67	78,67	73,33	79,67	42,17	77,33	83,17
7	51,67	67,33	82,00	73,00	65,67	63,50	82,67	67,50
8	52,33	76,33	67,33	70,33	79,00	59,17	83,50	70,33
9	37,67	63,50	66,00	72,00	80,33	49,33	54,17	
10	42,50	66,83	67,33	72,67	77,00	53,00	69,50	
11	55,67	57,33	67,00	65,33	77,00	54,83		
12	58,33	45,00	60,00	72,00		61,50		
13	46,83	53,50		68,33		52,67		
14	46,00	54,67		74,67		43,33		
15	43,67	47,50				51,00		
16	47,67	68,33						
17	46,33	62,00						
18		70,67						
19		67,67						
20		66,67						
21		70,33						
22		60,17						
23		58,17						
24		76,17						
25		54,50						
26		52,17						
Medelhastighet med konfidensintervall								
95%	48,74±	62,24±	71,14±	72,14±	78,30±	53,77±	71,68±	77,19±
	3,18	3,42	4,01	1,99	3,69	3,47	6,25	7,18
Medianhastighet								
	47,67	63,25	70,17	72,34	79,00	53,00	71,50	76,55

Tabell A.10: Medelvärde av skotthastighet för samtliga spelare, med täck

Sp.	Skotthastighet i km/h (med täck)							
	F10	F12	F14	DamJ	Dam	P10	P12	P14
1	55,67	50,50	63,33	70,67	84,67	56,33	69,33	85,00
2	50,67	63,67	75,00	61,33	74,00	53,50	64,00	89,17
3	46,00	46,67	63,67	70,67	71,33	46,00	64,67	65,17
4	44,17	56,50	64,33	71,67	82,33	46,83	58,17	73,50
5	47,50	65,17	70,00	77,33	79,67	45,67	59,67	73,17
6	42,00	63,50	72,67	68,33	73,00	39,17	70,50	76,67
7	49,17	61,50	76,67	74,33	65,00	57,67	76,17	59,00
8	50,00	71,17	58,67	68,33	79,33	53,67	83,50	64,33
9	39,50	54,00	57,00	68,67	76,67	45,00	67,50	
10	41,17	63,00	64,00	73,33	73,00	47,50	64,17	
11	52,83	50,00	60,67	67,00	71,00	48,50		
12	49,33	34,17	65,33	68,00		55,17		
13	44,00	39,17		58,67		49,17		
14	45,67	38,00		67,33		40,33		
15	33,33	38,00				50,83		
16	41,67	59,67						
17	44,17	50,67						
18		62,17						
19		57,33						
20		57,67						
21		65,83						
22		55,67						
23		52,83						
24		70,33						
25		36,67						
26		48,83						
Medelhastighet med konfidensintervall								
95%	45,70±	54,33±	65,95±	68,98±	75,45±	49,02±	67,77±	73,25±
	2,58	4,08	3,57	2,53	3,38	2,80	4,72	7,18
Medianhastighet								
	45,67	56,09	64,17	68,50	74,00	48,50	66,09	73,34

Tabell A.11: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: F10

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	187,532 ± 4,128	192,712 ± 5,208	5,180	1,277 ± 0,0243	1,316 ± 0,0299	0,0391
Armbåge	163,349 ± 3,888	167,704 ± 4,881	4,354	1,114 ± 0,0229	1,145 ± 0,0296	0,0306
Axel	156,910 ± 3,793	159,425 ± 3,825	2,516	1,071 ± 0,0224	1,089 ± 0,0229	0,0169
Midja	109,326 ± 3,081	111,727 ± 3,144	2,401	0,748 ± 0,0189	0,764 ± 0,0201	0,0163

Tabell A.12: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: F12

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	200,166 ± 5,368	214,964 ± 5,043	14,798	1,233 ± 0,0203	1,323 ± 0,0207	0,0897
Armbåge	178,688 ± 4,948	190,387 ± 4,472	11,700	1,101 ± 0,0218	1,172 ± 0,0181	0,0712
Axel	170,006 ± 3,500	177,998 ± 3,459	7,992	1,046 ± 0,0142	1,094 ± 0,0170	0,0482
Midja	118,848 ± 3,052	125,804 ± 3,165	6,955	0,731 ± 0,0162	0,773 ± 0,0191	0,0413

Tabell A.13: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: F14

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	234,003 ± 10,112	244,997 ± 8,890	10,994	1,376 ± 0,0449	1,442 ± 0,0439	0,0655
Armbåge	210,212 ± 9,278	219,886 ± 8,250	9,674	1,236 ± 0,0404	1,236 ± 0,0389	0,0575
Axel	195,907 ± 7,584	202,458 ± 6,795	6,551	1,152 ± 0,0313	1,191 ± 0,0303	0,0389
Midja	136,387 ± 6,701	142,707 ± 5,807	6,320	0,802 ± 0,0321	0,840 ± 0,0293	0,0375

Tabell A.14: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: Damjunior

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	227,309 ± 6,688	240,896 ± 6,283	13,587	1,339 ± 0,0321	1,419 ± 0,0260	0,0799
Armbåge	204,187 ± 7,278	215,585 ± 6,720	11,398	1,202 ± 0,0358	1,270 ± 0,0324	0,0672
Axel	188,544 ± 5,397	195,867 ± 5,596	7,323	1,110 ± 0,0231	1,153 ± 0,0255	0,0433
Midja	132,612 ± 5,301	139,573 ± 5,911	6,961	0,781 ± 0,0248	0,822 ± 0,0278	0,0409

Tabell A.15: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: Dam

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	237,725 ± 6,516	248,832 ± 6,525	11,107	1,392 ± 0,0327	1,457 ± 0,0334	0,0651
Armbåge	211,171 ± 6,738	221,690 ± 5,785	10,519	1,236 ± 0,0361	1,298 ± 0,0311	0,0617
Axel	192,236 ± 4,670	199,271 ± 4,341	7,035	1,126 ± 0,0251	1,167 ± 0,0233	0,0412
Midja	133,493 ± 5,020	140,502 ± 4,750	7,009	0,782 ± 0,0270	0,823 ± 0,0258	0,0411

Tabell A.16: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: P10

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	167,980 ± 5,704	172,468 ± 5,393	4,488	1,146 ± 0,0327	1,177 ± 0,0355	0,0312
Armbåge	145,841 ± 5,269	150,906 ± 4,625	5,065	0,994 ± 0,0298	1,030 ± 0,0303	0,0352
Axel	138,665 ± 4,201	143,101 ± 2,848	4,436	0,945 ± 0,0172	0,976 ± 0,0140	0,0309
Midja	95,570 ± 3,231	100,184 ± 2,623	4,614	0,652 ± 0,0165	0,684 ± 0,0185	0,0321

Tabell A.17: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: P12

95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	238,870 ± 13,196	251,203 ± 11,436	12,333	1,441 ± 0,0493	1,516 ± 0,0448	0,0755
Armbåge	212,992 ± 11,361	222,676 ± 9,853	9,684	1,285 ± 0,0418	1,344 ± 0,0313	0,0590
Axel	194,644 ± 10,408	202,461 ± 8,678	7,818	1,174 ± 0,0356	1,222 ± 0,0258	0,0479
Midja	138,423 ± 7,730	144,949 ± 8,260	6,527	0,835 ± 0,0298	0,874 ± 0,0335	0,0394

Tabell A.18: Höjder för kroppsdelar vid bollsläpp, med och utan täck: P14

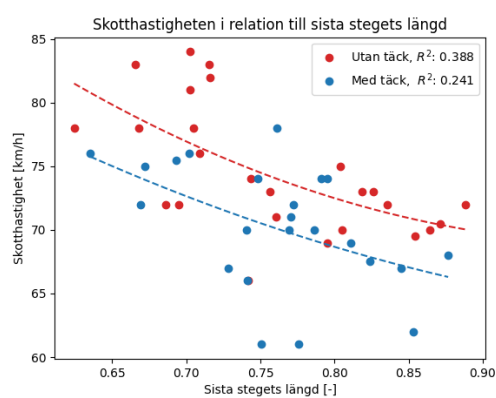
95% KI	Utan relation till kroppslängd			I relation till kroppslängd		
	UTAN	MED	DIFF	UTAN	MED	DIFF
Hand	244,527 ± 13,504	260,382 ± 15,613	15,855	1,391 ± 0,0512	1,481 ± 0,0642	0,0902
Armbåge	217,803 ± 13,684	230,011 ± 14,738	12,208	1,239 ± 0,0573	1,308 ± 0,0613	0,0694
Axel	203,848 ± 8,607	214,156 ± 10,500	10,308	1,160 ± 0,0254	1,219 ± 0,0366	0,0585
Midja	143,692 ± 6,468	152,234 ± 7,425	8,542	0,818 ± 0,0214	0,866 ± 0,0272	0,0486

Tabell A.19: Skotthastigheter utan täck från detaljstudien

Utan täck Kast	F14		DamJ		Dam		P14		Herr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	70,5	78	66	72	82	72	89	87	90	90
2	69,5	81	73	72	78	78	89	80,5	93	90
3	70	80	69	74	81	76	88	82	85	91
4	73	82	71	72	84	83	89	85	90	88
5	73	80	70	75	83	78	92	85,5	83	85
Medel	71,2	80,2	69,8	73	81,6	77,4	89,4	84	88,2	88,8

Tabell A.20: Skotthastigheter med täck från detaljstudien

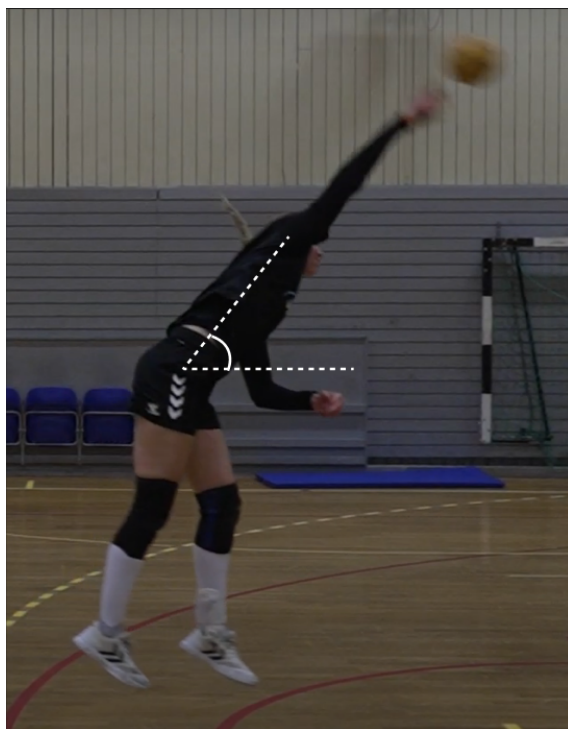
Med täck Kast	F14		DamJ		Dam		P14		Herr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	69	71	70	66	76	70	87	79,5	89	85
2	62	76,5	61	72	75,5	74	85,5	78,5	88	86
3	67,5	76	71	70	74	75	87,5	81,5	85	87
4	68	76	67	72	78	76	86	81,5	91	89
5	67	80	61	74	78	78	88,5	81,5	88	84
Medel	66,7	75,9	66	70,8	76,3	74,6	86,9	80,5	88,2	86,2



Figur A.1: Skotthastighet i relation till sista stegets längd (minus en spelare).



Figur A.2: Förklaring av armbågsvinkeln.



Figur A.3: Förklaring av vikning.

B

Tacklista

Vi vill rikta ett stort tack till alla spelare och ledare från Redbergslids IK som var villiga att delta i studien. Utan er hade detta arbetet inte varit möjligt.

Nasima Abdi	Nicolas Gana	Lisa Leijon Grip	Märtha Pedersen
Nawal Abdi	Linnea Gustafsson	Thea Leimalm	Nellie Pettersson
Agnes Ahlgren	Ebba Gustafsson	Agnes Lejdebro	Gabriella Pousard
Oskar Aho	Felicia Hallberg	Ida Levin	Elsa Roos
Ebba Allansson Tärning	Ingrid Hallström	Julia Lilja	Matilda Rosblad
Nina Belfrage	Dorotea Hansen	Melker Lindman-Sandqvist	Tuva Rönnängsgård
Tuva Berg	Lisa Hansson	Tage Lindman-Sandqvist	Elis Sandahl
Moa Berg	Nina Hansson	Axel Lindouf	Mio Sandqvist
Sofia Bergqvist	Wilma Havenfyr	Assar Löwegren	Charlie Sandström
Arwa Berzouami	Vanna Hellström	Merviella Mafuta	Ebba Saul
Julia Bjerkesjö Dahlberg	Frida Hellström	Oskar Melén	Juliette Schenkel
Vilmer Björk	Nellie Holm	Lova Mellegård	Tilda Seemann
Stella Bonasoni	Emilia Holmén	Moa Meyer	Sienna Sikuljak Psilos
Sophia Bonasoni	Hanna Hüffmeier	Emma Moen	Ella Sköld
Zackarias Borgström	Nellie Hüffmeier	Indiana Morthens	Ella Stanley
Lea Böhn	Wilma Ivanoff	Siri Mykén	Leonora Stein
Anna Drobnitza Giske	Elsa Jacobsson	Ester Männer	Love Stenman
Uma Dulic	Matteo Jelassi Karlsson	Lea Narijauskaitė	Ella Stridqvist Lönnstad
Clara Ehrenborg	Rut Juhlin	Ellen Niklasson	Erica Strömstedt
Elvina Ekberg	August Jungermann	Tilda Nilsson	Cornelia Svan
Alvin Enerstad	Theodor Kapnias Olsson	Ville Nilsson	Märta Tilly
Molly Ericsson	Vidar Karlsson Berg	Hilma Nordström	Emelie Vranjic
Moa Eriksson	Alicia Kivelä	Julie Norin	Lea Vrcic
Ida Farberger	Johannes Kjellander	Alva Nyström Andersson	Julia Westersund
William Farberger	Linn Kolhäger-Persson	Vilgot Olausson	Maja Wiklund
Fanny Feldmanis	Emil Konradsson	Elsa Olausson	Mira Wilhelmsen Lignell
Matteo Feldt	Alva Kramfors	Olivia Omoruyi	Sofija Zombra
Tamla Forslund	Siri Kylvåg	Ruben Ottermark	Elvin Östensson Grimfeldt
Nea Forslund	Tage Källberg	William Palicka	Maja Östling
Alexander Friberg	Leonel Labe	Vera Palm	Asia Öztep
Max Gabrielsson	Elsa Lassesson	Seth Paradis	

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024

www.chalmers.se



CHALMERS