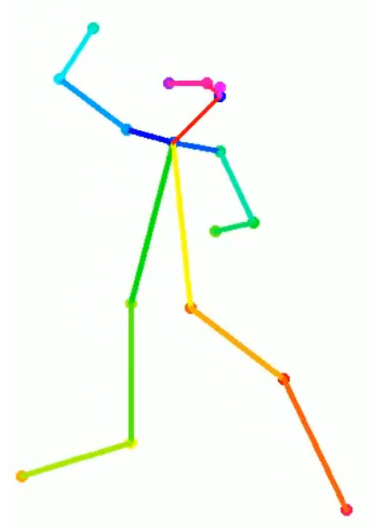




CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Jakten på det perfekta handbollsskottet

Analys av avstämt handbollsskott

Kandidatarbete inom tillämpad mekanik

ALBIN CLAEISSON
JAKOB HAGA
GUSTAV HAGSTRÖM
SIMON HANSSON
ROBIN LORÉN
CHRISTOFFER SKOGUM

**INSTITUTIONEN FÖR
MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

JAKTEN PÅ DET PERFEKTA HANDBOLLSSKOTTET

Analys av avstämt handbollsskott

Albin Claesson, Jakob Haga, Gustav Hagström, Simon Hansson,
Robin Lorén, Christoffer Skogum

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Avdelningen för tillämpad mekanik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021

Jakten på det perfekta handbollsskottet
Analys av avstämt handbollsskott
Albin Claesson, Jakob Haga, Gustav Hagström, Simon Hansson, Robin Lorén,
Christoffer Skogum

© Albin Claesson, Jakob Haga, Gustav Hagström, Simon Hansson, Robin Lorén,
Christoffer Skogum, 2021.

Kandidatarbete 2021:04
Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Detekterade kroppsdelar i skottsekvens ©Hansson, 2021

Tryckeri /Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Göteborg, Sverige 2021

Förord

Rapporten är en kandidatuppsats skriven på Chalmers tekniska högskola i Göteborg under våren 2021. Författarna är sex civilingenjörstudenter inom automation och mekatronik samt maskinteknik. Uppsatsen omfattar 15 högskolepoäng och ges av Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper.

Författarna vill tacka Redbergslids IK, klubbchef Tony Larsson och alla de försökspersoner och ledare som ställt upp och bidragit med värdefull data. Vi vill även tacka avdelningen för fackspråk och kommunikation på Chalmers tekniska högskola som hjälpt oss förbättra vårt arbete genom granskning och konstruktiv feedback. Ytterligare vill vi rikta ett stort tack till docent Johan Davidsson och forskningsassistent Jason Fice för deras bidrag till elektromyografimätningarna.

Slutligen vill vi bringa ett extra stort tack till vår handledare Anders Ekberg och examinator Jens Nielsen som bidragit med tid och kunskap med stort engagemang.

Sammanfattning

Syftet med studien var att undersöka avstämnda skott i handboll och specifikt vilka faktorer som är väsentliga för ett framgångsrikt skott. I studien definieras ett framgångsrikt handbollsskott utgående från variablerna skotthastighet och träffsäkerhet. För att uppnå målet valdes 90 spelare ut för att skjuta ett avstämt skott från sju meter, med sikte på en 30cm×30cm måltavla, fem gånger vardera. Samtliga skott filmades för att därefter analyseras i Python och MATLAB för att omvandla visuella särdrag beträffande spelarnas tekniker till mätbara värden. Vidare utfördes en experimentell studie för att utforska kedjan av muskelaktivering. Studien utfördes på två spelare av olika ålder och kön med hjälp av elektromyografi.

Det återfanns inga konkreta statistiska samband mellan skotthastighet och träffsäkerhet för samtliga åldersgrupper. Gällande korrelationer för längd, vikt, armlängd och skotthastighet påträffades svaga till medelstarka samband på herrsidan. Vidare var sambandet mellan skotthastighet och spelarerfarenhet kontinuerligt tilltagande för åldersgrupperna på herrsidan. På damsidan visade det sig att handomkrets och spelarerfarenhet hade ett medelstarkt till starkt samband med skotthastighet för yngre åldersgrupper.

Med hjälp av videoanalys konstaterades att de äldre spelarna utnyttjar rotationen i höften för att skapa vridmoment, i kombination med att fälla överkroppen för att maximera längden på hävarmen. En högre positionering av skottarmens axel medför att armen sträcks högre upp och resulterar i en längre hävarm som hjälper till att slunga iväg bollen med högre hastighet. Vidare konstateras att storleken på kraften i handens snärtrörelse påverkar hastigheten på skotten. En högre snärtkraft resulterade i ett snabbare skott. Yngre spelare utnyttjade till stor del sin löphastighet för att skjuta snabbare skott, men utnyttjade inte snärtrörelsen i handen.

Från studien av muskelaktivering går det att konstatera att försökspersonerna aktiverade musklerna i olika segment under skottsekvensen där den yngre spelaren använde sig av bicepsmuskeln vid skottögonblicket till skillnad från den äldre som använde underarmen. Vidare skiljer sig användandet av tricepsmuskeln där den äldre spelaren enbart aktiverade muskeln innan skottet samt vid inbromsning medan den yngre använde muskeln i skottmomentet och inbromsningen. Trapeziusmuskeln användes likartat av alla spelare. Det konstateras av muskelaktiveringen för brachioradialismuskeln att den äldre spelaren utnyttjade snärtrörelsen betydligt mer än den yngre. Skillnaden i aktivitet för brachioradialismuskeln hänvisas dels till klisteranvändning för den äldre spelaren och dels till att elektroden på den yngre spelaren eventuellt hade lossnat.

Nyckelord: Handboll, avstämt skott, skottkorrelation, videoanalys, elektromyografi, EMG.

Abstract

The aim of this study was to investigate the running shot in handball. A selection of 90 players were set to perform a running shot from seven meters, aiming for a 30cm×30cm target, five times each. All shots were filmed to be analyzed in Python and MATLAB in order to convert visual appearance regarding the players techniques into measurable values. Another point of interest was to explore the chain of muscle activation during the shooting sequence. This study was performed on two players of different age and sex with the aid of electromyography.

There were no concrete statistical correlation between the speed of the shot and accuracy for any age group. Pertaining the correlation between player length, weight, arm length and shot speed, weak to moderate connections on the mens side were found. Furthermore the connections between shot speed and player experience were continually increasing with age on the mens side. On the womens side the connection between hand circumference and player experience had a moderate connection to shot speed for the younger age groups.

Using video analysis, it was found that the older players use the rotation in the hip to create torque in combination with folding the upper body to maximize the length of the lever-like motion with the arm. A higher positioning of the shooting arm's shoulder means that the arm is stretched higher up and results in a longer lever that helps to throw the ball at a higher speed. Furthermore, it was stated that the magnitude of the force in the flick movement of the hand affects the speed of the shots. A higher flick force resulted in a faster shot. Younger players mainly took advantage of their running speed to shoot faster shots, but did not use the flick motion.

From the study of muscle activation, it could be stated that the two players activated their muscles in different segments during the shooting sequence. The younger player used the biceps muscle at the moment of shooting, unlike the older players who mainly used the forearm. Furthermore, the use of the triceps muscle differs. The older player only activated the muscle before the shot and during braking, while the younger one used the muscle during the complete shooting sequence and braking. The trapezius muscle was used similarly between the players. It was stated by the muscle activation of the brachioradialis muscle that the older player used the flick significantly more than the younger player. The difference in activity for the brachioradialis muscle is referred partly to the use of resin for the older player and partly to the fact that the electrodes on the younger player may have come loose during the test.

Keywords: Handball, running shot, shot correlation, video analysis, electromyografi, EMG.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och frågeställning	2
2	Teoretisk referensram	3
2.1	Statistik	3
2.2	Videoanalys	3
2.3	Kroppsliga aspekter hos spelare	4
2.4	Kinematisk och kinetisk kedja	4
2.5	Skuldrans anatomi	4
2.6	Elektromyografi	5
2.6.1	Elektrodplicering	5
2.6.2	Dataregistrering	5
3	Metod	6
3.1	Litteraturstudie	6
3.2	Avgränsningar	6
3.2.1	Omfattning av studie	6
3.2.2	Urval av studieobjekt	7
3.3	Statistik	7
3.3.1	Datainsamling	7
3.3.1.1	Antropometri och spelaregenskaper	7
3.3.1.2	Skotthastighet	8
3.3.1.3	Träffsäkerhet	8
3.3.2	Korrelation	9
3.3.3	Konfidsensintervall för statistiskt underlag	9
3.4	Videoanalys	10
3.4.1	Datainsamling	10
3.4.2	Detektering av kroppspositioner	10
3.4.3	Behandling av detekterad data	11
3.5	Tillämpning av elektromyografi	13
3.5.1	Förberedelser inför mätningar	13
3.5.2	Försökspersoner	13
3.5.3	Genomförande och datainsamling	13
3.5.4	Hantering av data i MATLAB	15
4	Resultat	16
4.1	Empiriska skottester	16

4.1.1	Skotthastighet och träffsäkerhet	16
4.1.2	Samband mellan fysiska attribut och skottprestation	19
4.1.3	Maxhastighet	20
4.2	Videoanalys	21
4.2.1	Damjuniorer	21
4.2.2	Herrjuniorer	26
4.2.3	F06/07	31
4.2.4	P04	35
4.2.5	F09	39
4.2.6	P08	43
4.2.7	Jämförelse mellan spelare och försöksgrupper	47
4.3	Elektromyografi	48
4.3.1	Skottsekvens för spelare F06/07	48
4.3.2	Skottsekvens för spelare herrjunior	50
4.3.3	Jämförelse av F06/07 och herrjunior	52
5	Diskussion	55
5.1	Skottstatistik	55
5.1.1	Analys av korrelationer	55
5.1.2	Konfidensintervall	56
5.1.3	Felkällor relaterad till skottstatistik	57
5.1.4	Maxhastighet av skott	57
5.2	Videoanalys	58
5.2.1	Val av metod	58
5.2.2	Skottanalys	59
5.2.2.1	Juniorer	59
5.2.2.2	F06/07 och P04	62
5.2.2.3	F09 och P08	64
5.2.3	Felkällor för resultat	68
5.3	Elektromyografi	68
5.3.1	Analys av EMG-mätning	68
5.3.2	Felkällor för EMG-resultat	69
6	Slutsatser	70
6.1	Skottstatistik	70
6.2	Videoanalys	70
6.3	Elektromyografi	71
	Litteraturförteckning	72
A	Tillfällen under ett avstämt skott	I
B	Antropometri & spelaregenskaper	II
C	Resultat: Acceleration & Hastighetbidrag	V
D	Jämförelse; Spelare & Handledshastigheter	XVIII
E	Jämförelse; Spelare & Armbågshastigheter	XXXI

F	Elektromyografi: Extra grafer	XLIV
G	Tacklista	XLVII

1

Inledning

Handboll är en lagidrott som spelas i stora delar av världen. Internationella Olympiska Kommittén redogjorde 2016 för att det fanns fler än 27 miljoner aktiva handbollsspelare över hela världen (International Olympic Committee, 2016). På grund av spelets idé, vilken är att spela och göra mål enbart med händerna från ett område minst sex meter från mål, spelar skottet en central roll. De vanligaste skotteknikerna är hoppskott och avstämt skott.

Analys och jämförelse av skottekniker mellan spelare inom olika åldersgrupper, är ett område med utvecklingspotential, eftersom det i dagsläget saknas studier. En metod för analys och jämförelse skulle vara fördelaktig för utövare genom att erbjuda möjligheten att kartlägga tendenser och inverkan faktorer. Kunskapen kan sedan implementeras i egen träning. En studie som konkret klarlägger dessa bidragande faktorer är därför lämplig som projektets utgångspunkt. Med fokus på skottrörelsen är målsättningen att dela upp sekvensen och definiera dess beståndsdelar för att etablera en djupare förståelse av varje enskilt moment.

Studien avgränsas till analys med fokus på avstämda skott vilka definieras som skott där spelare har kontakt med golvet med minst en fot då bollen släpps. I definitionen inkluderas även att spelare skjuter i farten. Således utesluts till exempel stillastående straffkast, skott då spelare hoppar och skjuter i luften, samt de skott där spelare ”dyker” in i straffområdet. Teststudien utförs med hjälp av ungdomsspelare i olika åldrar tillhörande Redbergslids IK i Göteborg, för att jämföra hur skottekniken kan variera mellan olika åldersgrupper.

1.1 Bakgrund

Faktorer som bidrar till ett hårt och välplacerat avstämt skott kan delas upp i flera moment; längden på sträckan i ansatsen, överföring av energi till skottet genom rotation av bålen, samt ett rörelseförlopp från axeln till underarmen för att optimera den energi som genererats i föregående moment (Brukner m. fl., 2012). En ytterligare bidragande faktor till att ett handbollsskott får hög hastighet oavsett skotteknik, är handens ”snärt”. Snärten är det slutgiltiga momentet i skottrörelsen vilket sker precis innan bollen lämnar handen (*Handbollsskola, del 3: Skott med Mässing*, 2019).

Avstämda skott innefattar flera fundamentala moment, med varierande tillvägagångssätt för hur dessa moment utförs i skottsekvensen. Variationen i utförandet av olika rörelser med underkroppen påverkar i sin tur överkroppen, vilket slutligen påverkar prestandan på skottet. En omfattande analys av 2D-kinematik för handbollsskott som kan förklara dessa skillnader i prestanda saknas i dagsläget. Med hjälp av videoanalys samt detektering av de involverade kroppsdelarnas rörelse, är målsättningen att konkretisera det valda området.

Utöver de tekniska aspekter som ingår i skottsekvensen, kan spelares fysiska attribut bidra till skottets prestanda. Beroende på spelares kön och ålder varierar de fysiska förutsättningarna. Vidare bidrar att spelare börjar använda klister från 15 års ålder till skottets prestanda. Till följd av att klisteranvändning ökar träffsäkerheten (Karišik, Božić & Tirić, 2018) blir det en delkomponent i skottsekvensen som är värd att beakta.

För ytterligare kartläggning gällande musklernas samverkan under skottsekvensen, är implementering av elektromyografi (EMG) en metod för att registrera spänningsskillnader i musklerna över tid. Därav går det att avgöra huruvida muskeln är aktiv, samt när muskeln aktiveras under skottsekvensen.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att undersöka hur unga spelares antropometriska mått påverkar och eventuellt korrelerar med både träffsäkerhet och skotthastighet. Vidare syftar studien till att undersöka och förbättra skotteknik för handbollsspelare med hjälp av videoanalys. Slutligen syftar studien ytterligare till att undersöka muskelaktivitet hos handbollsspelare under skottsekvensen med avsikt att avgöra hur utvalda muskelgrupper aktiveras och samverkar med hjälp av EMG-analys.

Följaktligen är frågeställningen för arbetet:

- Hur ser korrelationen ut mellan spelares antropometriska mått, ålder, träffsäkerhet och skotthastighet?
- Hur varierar och utvecklas skottekniken mellan åldersgrupper för ungdomsspelare?
- Var i skottrörelsen appliceras kraften och hur stor är den?
- Finns det genomgående kännetecken för spelare som skjuter hårda och träffsäkra skott?
- Hur aktiveras de relevanta musklerna i ett handbollsskott?

2

Teoretisk referensram

I detta avsnitt beskrivs den teoretiska referensram som arbetet utgår från. Bakgrund och tidigare forskning inom de ämnen studien berör introduceras.

2.1 Statistik

För att undersöka korrelationen mellan spelares antropometriska mått, ålder, träffsäkerhet och skotthastighet valdes Pearsons produktmomentkorrelationskoefficient som referensram (Milton & Arnold, 2003). Koefficienten är en beprövad statistisk modell som utgår från att hitta samband och relationer hos värden som är svårtolkade kvantitativt. Pearsons produktmomentkorrelationskoefficient definieras som ett intervall mellan -1 till 1 där värdet -1 är maximal negativ korrelation och 1 maximal positiv korrelation medan 0 betyder att det inte existerar någon korrelation mellan parametrarna.

2.2 Videoanalys

Videoanalys används för att detektera skyttarnas kroppsdelar, samt kroppsdelarnas koordinater i bildrutan. Detekteringen av kroppsdelarna gjordes med Python-biblioteket OpenPose (Cao, Hidalgo, Simon, Wei & Sheikh, 2019). OpenPose bygger på ett faltningsnätverk som är tränat för att känna igen kroppsdelar. Databasen som använts vid träningen av faltningsnätverket är *Common Objects in Context* som består av 328 000 bilder med över 2,5 miljoner nyckelpunkter (Lin m. fl., 2014). När programmet därefter presenteras en bild skapas ett vektorfält för varje led som identifierar kroppsdelens riktning. Dessa vektorfält används för att identifiera sammankopplade kroppsdelar och öka precisionen. Kroppsdelarna kan sedan sättas ihop till en komplett modell som kan analyseras. Processen genomförs för varje bildruta. Koordinaterna för varje led i alla bildrutor sparas för att kunna exporteras och bearbetas vidare.

2.3 Kroppsliga aspekter hos spelare

Ett avstämt skott med ansats är det skott inom handboll som generellt sett resulterar i högst skotthastighet (Wagner, Pfusterschmied, von Duvillard & Müller, 2011). Studier visar dock att fysiska attribut hos spelare bidrar till hur mycket kraft som genereras vid skottet. Det har visats att muskulösa och fysiskt starka spelare har en fördel gentemot mindre muskulösa spelare (Gorostiaga, Granados, Ibanez & Izquierdo, 2005). Tidigare studier konstaterar att kroppsstorlek hade stor betydelse gällande både isometrisk styrka och skotthastighet (Van Den Tillaar & Ettema, 2004). Förmågan att generera kraft vid skottet kan således ha ett samband mellan att spelare är fysiskt starka och att de har förmågan att utnyttja sina fysiska förutsättningar, såsom långa armar och explosivitet.

2.4 Kinematisk och kinetisk kedja

Under ett avstämt skott aktiveras de sammanlänkade musklerna i skottrörelsens utförande. En kontraktion i en muskelgrupp påverkar och stimulerar till kontraktion av en annan muskelgrupp. Denna koordinerade samverkan kan benämnas som arbete i "kinematiska kedjor" (Wagner, Klous & Müller, 2006). En korrekt synkroniserad kinematisk kedja medför att flera kroppsdelar kan bidra till optimal prestation vid utförandet av en specifik uppgift (Kibler, Wilkes & Sciascia, 2013). Vid kast sker således en aktivering och ett samspel i flera led. Benen och bålen fungerar som kraftreglerare och bas när energin från ansatsen skall överföras vidare i rörelsen till kastarmen (Karandikar & Vargas, 2011). Eftersom bålen och höfterna är de mest centrala komponenterna i den kinetiska kedjan, är de viktiga i utvecklandet och överföringen av energi till handen och bollen (Sciascia & Cromwell, 2012).

2.5 Skuldrans anatomi

Vid ett handbollskast utsätts axelleden för omfattande rotationer, där skuldran är den primärt sammanbindande länken för axelledens och skuldergördelns lägesförändring under förloppet. Skelettdelarna som utgör skulderkomplexet är humerus (överarmsbenet), scapula (skulderbladet), clavícula (nyckelbenet), samt revbenen i thoraxväggen. Benen sammankopplas genom glenohumeral (axelleden)–, acromioclavicular (nyckelbensleden)– och sternoclavicularleden (inre nyckelbensled), samt genom scapulathorakala övergången (Behnke, Glad & McAlexander, 2008). Humerus är det största och längsta benet i överarmen, vilken ansluter till skuldran i axelleden, även kallad GH-leden. Leden medger flexion av överarmen på 120° utan assistans från skuldergördeln vilket gör det till människokroppens mest flexibla led (Terry & Chopp, 2000).

En studie utförd vid University of Salzburg (Wagner m. fl., 2011) visar på att spelare som utövar handboll på regional nivå i Österrike i genomsnitt roterar axelleden i en större omfattning, 111°, än spelare på lokal nivå, 96°, vid ett avstämt skott. Rotationen av armen minskade ytterligare vid samma undersökning med juniorspelare. De regionala spelarna presterade skott med högst genomsnittligt hastighet. Studien visade även att skotthastigheten direkt beror av vinkelhastigheten i GH-leden, där en ökad vinkelhastighet generellt sett resulterar i ett kraftfullare skott.

2.6 Elektromyografi

För att kartlägga hur de olika musklerna samverkar under hela skottsekvensen, är tillämpning av elektromyografi ett alternativ för att mäta musklernas respons på stimulering från nervsystemet. Elektromyografi, även kallat EMG, utförs med ett instrument som kallas *elektromyograf*. Elektromyografen registrerar de elektriska spänningsförändringar som muskelcellerna genererar när de arbetar. Mätning utförs genom att fästa sensorer på muskelfibrerna relevanta för den rörelse som ska utföras. Tidigare studier med elektromyografi har bland annat genomförts på överhandskast inom amerikansk fotboll (Kelly, Backus, Warren & Williams, 2002).

2.6.1 Elektrodplacering

EMG kan mätas med hjälp av nålar som placeras i muskeln, eller med hjälp av ytelektroder som fästs på huden. Det förstnämnda kallas nålelektromyografi (nEMG) och används vanligen för att diagnostisera nerv- och muskelsjukdomar. Vid mätning med metoden som tillämpar ytelektroder, (sEMG), används multielektroder som fästs ovanpå huden. Placeringen av dessa elektroder har betydelse för kvaliteten på mätningens resultat, då både utrustningen, omkringliggande elektriska spänningar och muskler som inte undersöks, skickar ut elektriska signaler som kan påverka mätningen (Hansson & Olofsson, 2011). Elektrodplaceringen vid mätningen med hjälp av sEMG är därför direkt avgörande för vilka signaler som kommer registreras. Därmed kan olika mätningar inte jämföras med varandra då placeringen av elektroder inte kan utföras identiskt vid varje mätning.

2.6.2 Dataregistrering

Data angivet i volt från EMG-registreringar är unika för varje mätning. Dessa råvärden kan inte jämföras mellan testpersoner då påverkan från kringliggande muskler, underhudsfettets tjocklek och elektrodernas placeringar medför alltför stora osäkerheter. Ytterligare faktorer som muskellängd och kontraktionshastighet bidrar till osäkerheter i testresultatet. Ett vanligt tillvägagångssätt för normalisering av värdena är att använda en gemensam nämnare. Ofta jämförs det registrerade värdet med värdet vid en maximal viljemässig kontraktion (maximal voluntary contraction, MVC), vilket innebär att erhålla värden från en mätning i en muskel jämförs med en maximal ansträngning i den specifika muskeln. För att uppnå mest gynnsamma resultat ska denna jämförelse genomföras under samma tillfälle, då salinitet i kroppen och andra fysiska faktorer som varierar med tiden kan påverka värdenas validitet.

Elektromyografen som används för registrering av spänningarna i musklerna vid mätning med EMG kräver en referenselektrod för att kunna generera spänningsskillnader. Referenselektroden, även kallad jordelektrod, bör placeras någonstans på kroppen där elektriska spänningar från muskelaktivitet är minimala. De elektroder som är placerade på musklerna, vilka ska undersökas, kan därigenom ge ett relativt utslag i förhållande till jordelektroden.

3

Metod

Vid val av arbetsprocess ansågs en kvantitativ metod vara mest lämplig för att besvara studiens frågeställningar. Studien baseras på test genomförda av handbollspelande ungdomar, tillsammans med litteratur gällande handbollsskott. Nedan redogörs för alla metoder som använts vid insamling och behandling av data under studien. Samtliga delkapitel beskriver tillvägagångssättet för varje metod samt vilka omständigheter studien begränsades till.

3.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes för att samla in vetenskaplig information angående videoanalys av kropp i rörelse, skotttekniker, analys av kaströrelse med boll och elektromyografi. Artiklar hämtades från databaserna Researchgate och Chalmers Library med initiala sökorden Handboll, Handball, Throw, Shot, Biomechanics, Kinematics, Motion, Accuracy, Velocity, Speed, Efficiency, Baseball, Football, Overhead, Overarm, Sex, Age, Skill, Techniques, Muskelaktivering, Muscle activation, EMG, Electromyography både enskilt samt i kombination. Totalt gav sökningarna i databaserna 924 träffar varav 18 som var relevanta för arbetet valdes ut. Några av artiklarna hittades via referenslistor i andra artiklar. Utöver artiklarna har vetenskapliga böcker använts i litteraturstudien.

3.2 Avgränsningar

Nedan följer en beskrivning av omfattningen av studien och det urval av studieobjekt som gjordes under projektets gång.

3.2.1 Omfattning av studie

Projektets genomfördes under 16 veckor i samarbete med Redbergslids IK, vilket medförde tillgång till ungdomsslag inom klubben för att genomföra testerna. Eftersom en av målsättningarna med arbetet var att kartlägga hur spelares teknik vid avstämda skott utvecklas med åldern, genomfördes så många tester som möjligt med avgränsning för respektive lags och spelares vilja att medverka i testerna, samt den angivna tidsramen. Målet var att erhålla ett brett åldersspann. Varje åldersgrupp genomförde testet en gång, där åldersgrupperna utförde testerna separat från varandra.

3.2.2 Urval av studieobjekt

År 2020 fanns 151 000 aktiva utövare av handboll i Sverige (Riksidrottsförbundet, 2020). Under studien användes flera lag från Redbergslids IK som studieobjekt. De lag som studerades var flickor födda 2009 (F09), pojkar födda 2008 (P08), flickor födda 2006–2007 (F06/07), pojkar födda 2004 (P04) samt juniorer födda 2002–2003 på både dam- och herrsidan i klubben. Eftersom damjuniorerna hade samarbete med Mölndals HF, deltog ett antal spelare som tillhörde Mölndals HF under testet.

Vikten på bollarna som användes under samtliga tester varierade. F09, P08 och F06/07 använde bollar med en vikt runt 300 gram motsvarande storlek 0, damjuniorerna och P04 använde sig av bollar på 350 gram motsvarande storlek 2 och herrjuniorerna använde sig av bollar på 450 gram motsvarande storlek 3.

Vid EMG-analysen valdes två spelare ut, en från F06/07 och en herrjunior. De utvalda spelarna presterade bäst i de utförda testerna med avseende på träffsäkerhet och skotthastighet i förhållande till sitt lag. Spelarna valdes ut efter att samtliga tester för statistik och videoanalys var genomförda.

3.3 Statistik

Kartläggningen av hur olika åldersgrupper utvecklas med tiden genomfördes en analys av träffsäkerhet och skotthastighet. Nedan beskrivs behandling av datainsamling samt hur korrelation mellan hastighet, träffsäkerhet och antropometri beräknades.

3.3.1 Datainsamling

Nedan beskrivs metoderna för hur data samlades in. Den data som samlades var spelarnas antropometriska mått, skotthastighet och träffsäkerhet.

3.3.1.1 Antropometri och spelaregenskaper

Antropometri är läran om kroppens exakta uppmätning. I studien genomfördes mätning av spelarens skottarm för att jämföra och identifiera samband gentemot skotthastighet och träffsäkerhet. De specifika mått som uppmättes, se figur 3.1, var kroppslängd, kroppsvikt, armlängd, underarmslängd samt handdimensioner. Armlängden mättes från nederdelen av axeln till handleden. Underarmslängden bestämdes från armbågsleden till handleden. Slutligen mättes handdimensioner genom att mäta omkretsen kring handflatan utan tummen, samt handlängden från handleden till längsta fingertopp. Spelarnas mått antecknades tillsammans med spelposition, dominant hand, och handbollserfarenhet.



Figur 3.1: Antropometriska mätpunkter: svart linje visar handledsposition, armlängd (röd), underarmslängd (grön), handomkrets (gul), handlängd (blå).

3.3.1.2 Skotthastighet

Uppmätningen av skotthastigheten utfördes med hastighetssensorer (*Net Playz*, *Smart Pro* och *Skottmätare*, *Biltema*) placerade bakom målet. Genom att använda två hastighetssensorer kunde mätfelet för skotthastigheten minskas då medelvärdet av de två sensorernas uppmätta hastigheter användes, förutsatt att hastighetssensorernas differens var relativt låg. Spelarna sköt bollen från straffpunkten mot ett skyddsnät med en uppmärkt måltavla. Inledningsvis genomförde spelarna fem skott där de ombads skjuta så hårt de kunde samtidigt som skottet skulle träffa måltavlan. Därefter sköts ytterligare ett skott där spelarnas huvudsakliga mål var att uppnå maximal skotthastighet utan att träffsäkerheten togs i beaktande. Samtliga sex skott noterades och medelvärdet för de fem första skotten beräknades.

3.3.1.3 Träffsäkerhet

För skottesterna tejpades en kvadratisk måltavla med sidlängd 30 cm på skyddsnätet. Spelarna ombads träffa denna. Träffade spelaren måltavlan antecknades en etta i protokollet. Vid träff utanför måltavlan, men ändå inom skyddsnätet, antecknades 0,5 i protokollet. Missade skottet både måltavla och skyddsnät antecknades noll i protokollet. Vidare beräknades spelarnas medelvärde av träffsäkerhet i de fem första skotten.

3.3.2 Korrelation

Korrelationen mellan skotthastighet och träffsäkerhet beräknades genom att använda Google Kalkylarks funktion CORREL. Funktionen beräknar korrelationen enligt nedanstående ekvation.

$$\rho(X, Y) = \frac{E((X - \bar{x}_X)(Y - \bar{x}_Y))}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3.1)$$

- X : aktuellt värde av X
- Y : aktuellt värde av Y
- E : väntevärde
- $\bar{x}_X$: medelvärdet X
- $\bar{x}_Y$: medelvärdet Y
- σ_X : standardavvikelse av X
- σ_Y : standardavvikelse av Y

Sambandsstyrka för korrelationen definierades enligt följande intervall. Svagt: 0,1–0,3. Medel: 0,3–0,5. Starkt: 0,5–1 (*Laerd Statistics*, 2021). Utifrån dessa beräknade korrelationer analyserades vilka faktorer som var kännetecknande för ett snabbt och träffsäkert handbollsskott.

3.3.3 Konfidensintervall för statistiskt underlag

Ett konfidensintervall implementerades för att bestämma resultatens relevans i förhållande till resterande åldersgrupper. Konfidensintervallet valdes till 95 %, både för skotthastigheten och träffsäkerheten (Milton & Arnold, 2003). Samtliga mätvärden för skottstatistiken antogs vara normalfördelade, vilket medför ett tvåsidigt konfidensintervall med konfidensfaktor z , 1,96 (*MedCalc*, 2021). Konfidensintervallet beräknades med Google Kalkylarks funktion: KONFIDENS. Funktionen beräknar konfidensen enligt nedanstående ekvation

$$P = \bar{x} \pm z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.2)$$

- P : konfidens för valt intervall
- $\bar{x}$: medelvärde för skotthastighet/träffsäkerhet
- z : konfidensfaktor
- σ : standardavvikelse för skotthastighet/träffsäkerhet
- n : antal deltagare i försöksgrupp

3.4 Videoanalys

Nedan beskrivs metoder för hur insamlingen av datan gick till väga under videoanalysen för att detektera samband och skillnader i olika handbollsspelares skott. Avsnittet ”Detektering av kroppspositioner” beskriver arbetet med att skriva kod för att detektera kroppsdelar, och avsnittet MATLAB förklarar hur arbetet med att analysera datan genomfördes.

3.4.1 Datainsamling

Sex tester, utspridda över fyra tillfällen, genomfördes för att samla in data till studien. Ett test genomfördes genom att varje spelare i laget fick skjuta fem skott. Skotten filmades med en kamera av modell *GoPro HERO 5 Black*, placerad 170 centimeter över marken, på ett avstånd från straffpunkten så att både ansatsen och skottet var med i bild. Skotten filmades med en bildfrekvens på 240 bildrutor per sekund och med en upplösning på 848×480 pixlar. Skottens hastighet mättes upp med två hastighetsmätare placerade direkt bakom målet.

3.4.2 Detektering av kroppspositioner

För att extrahera koordinaterna, för varje detekterad kroppsdel, från filmerna användes programmeringsspråket Python tillsammans med biblioteket OpenPose. Då OpenPose enbart stödde analys av stillbilder utvecklades programvara för att extrahera stillbilder och sedan analysera dessa individuellt i OpenPose. Varje sekund av video tar ungefär en minut att analysera. För att minska beräkningstiden för varje film utvecklades en metod för detektering av när spelaren kom in i bildrutan. Genom att beräkna skillnaden mellan den aktuella bildrutan och efterföljande bildruta, kunde analysen startas när skillnaden blev större än 500 pixlar. När en bildruta analyserats i OpenPose sparades koordinaterna för varje detekterad punkt på kroppen i en JSON-fil för vidare analys i MATLAB.

Valet av Python gjordes baserat på tidigare erfarenhet inom gruppen vilket innebar att uppstarts- och inlärningsfaser minimerades. Vidare fanns det stora resurser att tillgå för användning av Python inom videoanalys vilket underlättade utvecklingsarbetet. Vid valet av bibliotek fanns det ett flertal alternativ att välja mellan. De största skillnaderna mellan de olika biblioteken utgörs av prestanda, robusthet och hårdvarukrav. Utifrån de förutsättningarna som fanns var robusthet och hårdvarukrav något som vägde tyngst i valet. Robusthet relaterar till algoritmens känslighet för feldetektering av kroppsdelar, exempelvis att höger armbåge detekteras som vänster armbåge. Hårdvarukraven som ställts av OpenPose var jämförelsevis låga. Biblioteket krävde enbart en kamera och kunde köras på de flesta datorer (Cao m. fl., 2019). Det fanns andra bibliotek där prestanda och robusthet var högre, men det medförde ofta hårdvarukrav i form av specifika kameror, fler kameror och specifik kalibrering av kamerorna (Iskakov, Burkov, Lempitsky & Malkov, 2019). Förutsättningarna under testen samt användningen av en kamera utan möjlighet till kalibrering gjorde dessa bibliotek oanvändbara.

3.4.3 Behandling av detekterad data

För att analysera de koordinater som erhöles ur Python valdes MATLAB som verktyg. MATLAB valdes på grund av dess förmåga att analysera data uttryckt i matematiska matriser, samt dess egenskaper att illustrera data i plottar och grafer. Koordinaterna, som var ett normerat värde mellan noll och ett, lästes in i MATLAB som en JSON-fil för respektive video. Genom att varje kroppsdelens vektorer var oberoende av varandra kunde de kroppsdelar som var ointressanta för ett handbollsskott sorteras bort. Vektorerna med koordinater rekonstruerades till att vara lika långa. Rekonstruktionen gjordes på grund av att de olika kroppsdelarna trädde in i bild vid olika tidpunkter. Rekonstruktionen genomfördes genom att varje kroppsdelens koordinat subtraherades från den kroppsdel vars koordinat befann sig i bild under längst tid. Således erhöles en differens för vektorernas längder, och nollor kompletterades i början av varje kroppsdelens vektor för att göra dem lika långa.

Koordinaterna räknades om till SI-enheter där tiden omvandlades från bildsekvens till sekunder och position omvandlades från pixlar till meter. Omvandlingen av tid utfördes genom att dividera videons längd med totalt antal bildrutor. För att omvandla videons pixlar till meter spelades en video in där en meter mättes upp i sidled, på samma avstånd från kameran som spelarna befann sig vid skotten. Således kunde den uppmätta sträckan användas för att beräkna antal pixlar per meter. För att erhålla en representation av stelkropps-förskjutning definierades den högra höftens koordinat som origo, vilket medförde att koordinatsystemet blev rörligt. Med höften som origo, rör sig samtliga kroppsdelar relativt höften. Efter omvandlingen av enheterna och definitionen av koordinatsystemet presenterades resultatet för respektive video i en graf över kroppsdelarnas positioner över tid. För att erhålla jämnare grafer användes ett glidande medelvärde för respektive koordinater.

För att illustrera kroppsdelarnas hastigheter beräknades differensen av koordinaternas förflyttning i horisontell led mellan två bildrutor dividerat med differensen i tid. Eftersom datan innehöll många punkter, inklusive feldetektering, blev hastigheterna ojämna och missvisande. Ett glidande medelvärde användes därför för utjämning. Hastigheter redovisades i grafer över tid. Höftens horisontella hastighet antas representera spelarens löphastighet.

För att undersöka var i skottrörelsen kraften applicerades och dess storlek försöktes Newtons andra lag att användas. Den resulterade kraften erhålls då genom att multiplicera bollens massa med dess acceleration. För att erhålla bollens acceleration beräknades differensen av horisontell hastighet mellan två bildrutor dividerat med differensen i tid. På grund av att positionen deriverades två gånger för att erhålla accelerationen, gjorde det att resultatet blev ojämnt och ett glidande medelvärde användes för att jämna ut kurvan. Utjämningen resulterade i numeriska fel som medförde att beräkningen av kraften blev felaktigt. Vidare innehöll den importerade datan inte koordinater för bollens och handens positioner och det valdes därav att använda en alternativ metod för att beräkna kraften. Den alternativa metoden utfördes genom att beräkna medelkraften som genereras genom hela skottet vilket möjliggjorde beräkning av kraften i handens snärtrörelse. Beräkningen för snärtrörelsen utfördes i tre olika steg. Det första steget var att beräkna medelkraften i handledens rörelse, vilket utfördes genom att ta hastigheten för handleden vid tillfället då bollen släpps, subtraherat med hastigheten för handleden vid tillfället då kaströrelsen påbörjades. Hastighetsdifferensen dividerades med tiden vid tillfälle då bollen

släpps subtraherat med tiden då kaströrelsen påbörjades och multiplicerat med bollens massa enligt ekvationen nedan.

$$F_{\text{handled}} = \frac{(v_{\text{släpp}} - v_{\text{start}})}{(t_{\text{släpp}} - t_{\text{start}})} \cdot m_{\text{boll}} \quad (3.3)$$

I bilaga A illustreras de tre tidsvariablernas, t_{start} , $t_{\text{släpp}}$ och $t_{\text{uppmätt}}$, med hjälp av spelarens position.

Resultatet F_{handled} gav medelkraften för kroppens alla delar som påverkar bollen, exklusive snärtrörelsen som handen utför. I det andra steget beräknades den totala medelkraften som genererades för hela skottet, inklusive snärtkraften för handen. Det antogs att hastigheten för bollen var konstant från att den lämnade spelarens hand till dess att hastigheten mättes upp av hastighetmätaren. Den uppmätta hastigheten subtraherades med hastigheten på handleden vid tillfället då kaströrelsen påbörjades. Differensen dividerades med tiden det tog för handleden att utföra förflyttning från det att skottrörelsen påbörjats till det att bollen har släppts, och multiplicerades därefter med bollens massa. Beräkningen för det andra steget innehöll den totala kraften som genererades, det vill säga medelkraften under hela skottrörelsen som bollen utsattes för och visas i ekvationen nedan.

$$F_{\text{total}} = \frac{(v_{\text{uppmätt}} - v_{\text{start}})}{(t_{\text{uppmätt}} - t_{\text{start}})} \cdot m_{\text{boll}} \quad (3.4)$$

Med hjälp av det tredje steget kunde kraften för handens snärtrörelse beräknas genom att subtrahera den totala medelkraften med medelkraften från det första steget. Kraften för snärtrörelsen ges av ekvationen nedan.

$$F_{\text{snärt}} = F_{\text{total}} - F_{\text{handled}} \quad (3.5)$$

Tre spelare valdes ut ur varje lag baserat på skotthastighet och precision. De tre utvalda spelarna analyserades sedan mer i detalj. Data för koordinater korrigerades vid behov. Datan modifierades för att beskriva en kontinuerlig och sammanhängande kaströrelse, då det hände att detekteringsalgoritmen missade positionen i vissa sekvenser. Korrigeringen genomfördes manuellt via linjär utjämning mellan den sista punkten innan detekteringen misslyckades och första punkten efter den återupptagits.

För vidare analys av de tre spelarna från respektive test beräknades relativa hastigheter som funktion av tid. De relativa hastigheterna indikerar när och hur stora bidrag kroppsdelarna ger till skottets hastighet. Eftersom data inte fanns för bollens koordinater, antogs handledens hastighet vara likvärdig med bollens hastighet tills att bollen släpps. För att undersöka bidragen beräknades först skillnaden i hastighet mellan handled och armbåge. Således erhöles information om underarmens bidrag. Därefter beräknades skillnaden mellan handleden och axeln för att erhålla information om hela armens bidrag. Underarmens och hela armens bidrag illustrerades sedan i separata grafer för jämförelse. Ytterligare beräknades skillnaden mellan axel och höften för att erhålla bålens bidrag till skottet. Slutligen antogs löphastighetens bidrag vara höftens hastighet.

En jämförelse utfördes mellan de utvalda spelarna inom det egna laget samt gentemot andra lag i närliggande ålder för att analysera hur de utvalda spelarna presterade. Jämförelsen bestod av två grafer; spelarens handledshastighet och armbågens hastighet. Graferna för de olika lagen skapades genom att läsa in samtliga spelare i varje åldersgrupp i en "Comma-Separated Values"-fil (CSV). Därefter identifierades indexet för maximala

hastigheten av armbåge och handleden för varje spelare, för att erhålla var och när kastet sker. Hastigheten för samtliga skott plottades från en sekund före skottet till 0,15 sekunder efter skottet.

3.5 Tillämpning av elektromyografi

För att erhålla relevant information gällande muskelaktivering över tid vid ett avstämt skott, utfördes en experimentell EMG-studie. Metoden som tillämpades var ytelektromyografi (sEMG). Vid mätning av skottet analyserades utvalda muskler vilka bedömdes vara centrala för armrörelsen vid skottet. Syftet var att utvärdera hur dessa samverkar under skottsekvensen, samt i vilken ordningsföljd de aktiveras. Musklerna valdes genom att utgå från vilka muskler som var möjliga att mäta på. Flera muskelgrupper fick sorteras bort på grund av deras komplexa sammansättning eller för att andra muskler riskerade att störa mätningarna då det var svårt att träffa rätt muskelfiber. Således valdes bicepsmuskeln, tricepsmuskeln, trapeziusmuskeln och brachioradialismuskeln.

3.5.1 Förberedelser inför mätningar

Vid mätningarna användes programmet *ProFusion PSG 3 (Compumedics)*. Elektromyografen, förstärkaren, som användes för att registrera spänningsskillnaderna var *Grael 4K-EEG* med 40 kanaler (32 isolerade högfrekventa referenskanaler och åtta bipolära kanaler avsedda för EMG-mätning). Ytelektroderna som användes vid mätningarna var av typen *pre-geled Neuroline 720 AMBU®*. Enligt instruktion från Dr. Fice, förvaltare av maskinen, så avgränsades registreringarna till ett spänningsomfång av 200 mV, samt ett lågpasfilter och ett högpasfilter på 1000 Hz respektive 100 Hz för att avlägsna spänningsskillnader som inte alstrats av muskelaktiviteten. De oönskade signalerna kan exempelvis härstamma från närliggande ljuskällor och elektriska ledningar.

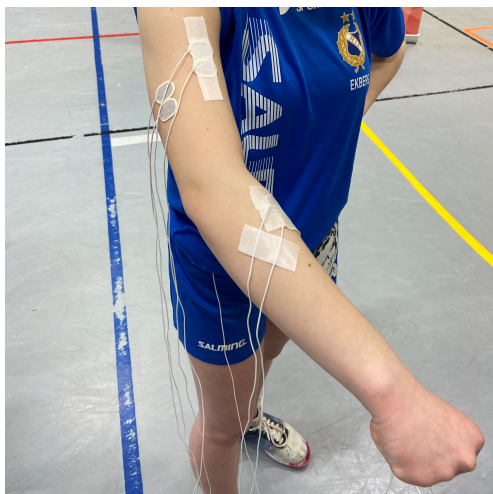
3.5.2 Försökspersoner

Försöksgruppen bestod av två handbollsspelare tillhörande åldersgrupp F06/F07 respektive herrjuniorerna. All datainsamling genomfördes i motionshallen i Chalmers kårhus vid två tillfällen. Mätningarna utfördes på samma plats för att förebygga eventuella skillnader i mätningarnas störningar. Varje försöksperson medverkade endast vid ett tillfälle och var fysiskt välmående vid tidpunkten för mätningen.

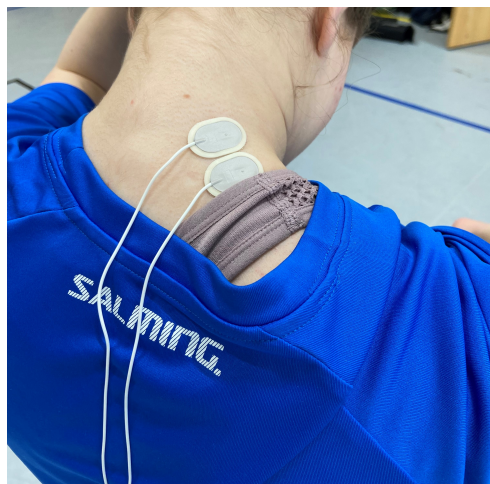
3.5.3 Genomförande och datainsamling

Innan mätningarna inleddes gavs försökspersonen möjligheten att värma upp i tio minuter för att förebygga muskelskador och minimera fel på grund av muskelstelhet eller liknande. Försökspersonen preparerades genom att de delar av armen och nacken där elektroderna senare skulle appliceras rakades och desinficerades. Därefter applicerades nio ytelektroder på huden över musklerna brachioradialis (främre underarm), biceps, triceps respektive trapezius (nacke), se figur 3.2–3.5. Jordelektroden placerades precis vid höftbenet, där det bedömdes att muskelaktiviteten var relativt låg. Tejp användes för att säkerställa att elektroderna satt kvar under testen. Ingen MVC utfördes på någon av försökspersonerna. Elektroderna anslöts till elektromyografen och det säkerhetsställdes att försökspersonen kunde utföra ett avstämt skott relativt fysiskt obehindrat med elektroderna anslutna.

Elektrodernas position kontrollerades genom att försökspersonen kontrakterade respektive muskel för att analysera spänningsdifferenser i ProFusion PSG 3.



Figur 3.2: Elektrodplacering på arm vid mätning ett



Figur 3.3: Elektrodplacering på trapeziusmuskeln vid mätning ett



Figur 3.4: Elektrodplacering på arm vid mätning två.



Figur 3.5: Elektrodplacering på trapeziusmuskeln vid mätning två

Med elektroderna anslutna till elektromyografen instruerades respektive försöksperson att utföra tio avstämnda skott mot ett stationärt mål i form av ett innebandymål. Därmed användes inte samma måltavla vid EMG-mätningarna som under videoanalysen. Samtliga skott dokumenterades med samma utrustning som användes vid videoanalysen.

Programvaran *netBeacon* användes för att spela in muskelaktivitetens elektriska signaler under skottet. Inspelningen av muskelaktiviteten och videon startades vid samma tidpunkt för att förenkla jämförelsen. Därefter sparades datan ner genom programvara ProFusion PSG 3 i en "European Data Format"-file (edf) och överfördes till MATLAB för vidare hantering och analys.

3.5.4 Hantering av data i MATLAB

För analys av den insamlade datan valdes programvaran MATLAB eftersom den har ett verktyg, Signal Processing toolbox, som kan hantera signaler. Datan som erhöles i programvaran ProFusion PSG 3 var av formatet edf som MATLAB inte kan importera, därav användes funktionen "edfread". Importerad data bestod av fyra olika signaler, en för varje undersökt muskel. Varje signal hade samma frekvenser enligt de förutbestämda parametrarna för EMG mätningarna, se kapitel 3.5.1. Signalerna filtrerades med ett lågpass butterworth-filter av fjärde ordningen med en bandbredd på 30 till 500 Hz, med hjälp av MATLAB's inbyggda funktion "butter". Bandbreddens lägre gräns valdes till 30 Hz för att sortera bort rörelseartefakter. Den övre gränsen på 500 Hz valdes eftersom det var hälften av sampling frekvensen för den insamlade datan, för att sortera bort de signaler som tagit sig igenom filtret som motverkar vikning. Med hjälp av Butterworth-filtret och den inbyggda funktionen "filtfilt" kunde ett nollskilt "infinite impuls respons"-filter (IIR) appliceras. IIR-filtret körs i båda riktningarna för att upprätthålla tidsfasen och skapa ett filter av åttonde ordningen. Därefter konstruerades ett "moving root mean square"-filter, (MRMS) med 20 millisekunders varaktighet för att erhålla en graf med jämnare representation av signalerna. MRMS-filtret genererades med hjälp av Signal Processing toolbox:s funktion "dsp.movingRMS". För att erhålla en graf som överensstämde med realtid skapades en tidsvariabel genom att längden av den inspelade signalen dividerades med dess frekvens. Därefter sparades de filtrerade signalerna med rätt tidsvariabel för varje test för att möjliggöra jämförelse av de olika graferna.

Med jämförelse mellan EMG-sigaler och video kunde tidpunkterna för skotten fastställas. Således kunde samtliga kroppsdelars MRMS-signal illustreras i samma diagram och tidsram för att gestalta musklernas aktivering och samarbete under skottet. Skottögonblicket placerades ut i diagrammet för att förtydliga hur musklerna arbetar innan och efter att bollen lämnat handen. Därefter jämfördes spelarnas muskelaktiviteter.

4

Resultat

I följande kapitel presenteras resultaten för de tidigare beskrivna metoderna i form av tabeller och grafer. Ytterligare delar redogörs för i bilagor som understöd till det redovisade materialet.

4.1 Empiriska skottester

Nedan presenteras insamlad statistik gällande skotthastighet och träffsäkerhet för samtliga försöksgrupper som deltog i undersökningen. Testerna genomfördes främst för att kartlägga samband mellan spelarnas fysiska attribut och skotthastighet samt träffsäkerhet. Totalt 90 individer utspridda i sex lag deltog i testerna där skotten analyserades. Spelarnas identitet anonymiserades och de tilldelades istället nummer inför varje test, vilka anges under kolumnen "spelare" i tabell 4.1.

4.1.1 Skotthastighet och träffsäkerhet

I tabell 4.1 redovisas samtliga spelares genomsnittliga skotthastighet över fem skott, genomsnittligt resultatet för hela gruppen, samt medianen för spelarnas skotthastigheter. Konfidensintervallet som används för både skotthastighet och träffsäkerhet beräknades med hjälp av ekvation (3.2).

Tabell 4.1: Data över skottstatistik för samtliga medverkande spelare och lag

Spelare	Skotthastighet i km/h					
	F09	P08	F06/07	P04	Damjunior	Herrjunior
1	51,14	62,14	66,60	92,80	72,20	102,71
2	58,86	59,71	70,80	93,20	63,40	92,86
3	63,29	62,86	61,00	95,40	69,60	91,71
4	44,14	56,14	66,60	95,20	77,20	103,43
5	51,71	75,14	66,20	98,00	70,20	76,20
6	47,50	62,29	71,60	104,80	75,40	90,20
7	60,00	52,14	68,00	98,60	75,60	86,40
8	60,57	70,00	78,40	100,40	89,60	87,60
9	45,00	68,00	68,20	88,20	78,00	86,60
10	34,57	65,86	68,60	93,80	74,80	
11	52,86	64,00	74,60	86,80	75,00	
12	46,67	58,00	46,14	97,40		
13	54,67	55,57	74,14	77,20		
14	37,71	61,29		84,20		
15	38,71	61,57		90,40		
16	64,29	76,00		91,00		
17	46,14			96,20		
18	55,86			83,40		
19	46,86					
20	46,14					
21	54,00					
22	38,71					
23	48,14					
	Snitt $\pm$ konfidensintervall:					
	49,89 $\pm$ 3,4	63,17 $\pm$ 3,3	67,76 $\pm$ 4,3	92,61 $\pm$ 3,1	74,64 $\pm$ 3,8	90,86 $\pm$ 5,5
	Median:					
	48,14	62,29	68,20	93,50	75,00	88,90

I tabell 4.2 redovisas samtliga spelares genomsnittliga träffsäkerhet över fem skott, den genomsnittliga träffsäkerheten för hela gruppen, samt medianen med avseende på träffsäkerhet för hela gruppen.

Tabell 4.2: Data över träffsäkerhet för samtliga medverkande spelare och lag

Spelare	Träffsäkerhet					
	F09	P08	F06/07	P04	Damjunior	Herrjunior
1	70 %	60 %	20 %	40 %	20 %	90 %
2	80 %	70 %	20 %	20 %	40 %	50 %
3	50 %	70 %	20 %	20 %	20 %	50 %
4	20 %	70 %	100 %	20 %	60 %	40 %
5	30 %	80 %	20 %	0 %	20 %	0 %
6	20 %	80 %	60 %	40 %	60 %	83 %
7	60 %	70 %	40 %	20 %	20 %	67 %
8	80 %	40 %	40 %	60 %	20 %	50 %
9	60 %	40 %	80 %	20 %	20 %	83 %
10	60 %	20 %	20 %	20 %	40 %	
11	30 %	60 %	60 %	40 %	20 %	
12	40 %	40 %	60 %	40 %		
13	40 %	80 %	60 %	40 %		
14	70 %	60 %		60 %		
15	50 %	30 %		60 %		
16	30 %	80 %		20 %		
17	50 %			20 %		
18	50 %			20 %		
19	40 %					
20	60 %					
21	30 %					
22	30 %					
23	40 %					
	Snitt ± konfidensintervall:					
	47 %±7 %	59 %±10 %	46 %±14 %	31 %±8 %	31 %±10 %	57 %±18 %
	Median:					
	50 %	65 %	40 %	20 %	20 %	50 %

I tabell 4.3 redovisas korrelation mellan skotthastighet och träffsäkerhet för samtliga åldersgrupper. Resultaten diskuteras ytterligare i kaptiel fem.

Tabell 4.3: Korrelation mellan hastighet och träffsäkerhet för samtliga försöksgrupper

Korrelation hastighet och träffsäkerhet	
F09	0.08
P08	-0.04
F06/07	-0.01
P04	-0.15
Damjuniorer	-0.08
Herrjuniorer	0.45

Samtliga korrelationsvärden är beräknade med ekvation (3.1)

4.1.2 Samband mellan fysiska attribut och skottprestation

I tabell 4.4–4.9 redovisas olika faktors korrelation gentemot skotthastighet i vänster kolumn, samt träffsäkerhet i höger kolumn. Fullständig redovisning av antropometriska värden för samtliga medverkande spelare ges i bilaga B. Samtliga korrelationsvärden är uträknade med ekvation (3.1).

Tabell 4.4: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för F09

F09	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
0,52	0,03
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
N/A	N/A
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
0,31	0,14
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
0,28	0,18
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
0,45	-0,06
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,37	-0,06
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
0,57	0,16

Tabell 4.5: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för P08

P08	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
0,26	-0,24
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
0,28	-0,13
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
0,37	-0,34
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
0,21	-0,28
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
-0,04	-0,24
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,18	-0,37
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
-0,05	0,21

Tabell 4.6: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för F06/07

F06/F07	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
-0,62	-0,07
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
-0,09	0,06
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
-0,38	-0,28
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
-0,02	-0,04
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
0,57	0,14
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,11	0,19
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
0,52	0,11

Tabell 4.7: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för P04

P04	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
0,31	-0,35
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
0,30	-0,48
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
0,26	-0,25
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
0,17	-0,32
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
0,29	-0,07
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,33	-0,19
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
0,36	-0,05

Tabell 4.8: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för damjuniorer

Damjunior	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
0,04	0,11
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
-0,09	-0,52
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
0,54	-0,03
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
0,14	0,26
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
0,04	-0,26
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,19	-0,04
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
-0,06	0,16

Tabell 4.9: Genomsnittlig korrelation för antropometriska värden gentemot skotthastighet och träffsäkerhet för herrjuniorer

Herrjunior	
Längd – Hastighet	Längd – Träffsäkerhet
0,32	0,71
Vikt – Hastighet	Vikt – Träffsäkerhet
0,40	0,58
Armlängd – Hastighet	Armlängd – Träffsäkerhet
0,38	0,43
Underarmslängd – Hastighet	Underarmslängd – Träffsäkerhet
0,50	0,50
Handomkrets – Hastighet	Handomkrets – Träffsäkerhet
0,69	0,28
Handlängd – Hastighet	Handlängd – Träffsäkerhet
0,33	0,20
Erfarenhet – Hastighet	Erfarenhet – Träffsäkerhet
0,54	0,21

4.1.3 Maxhastighet

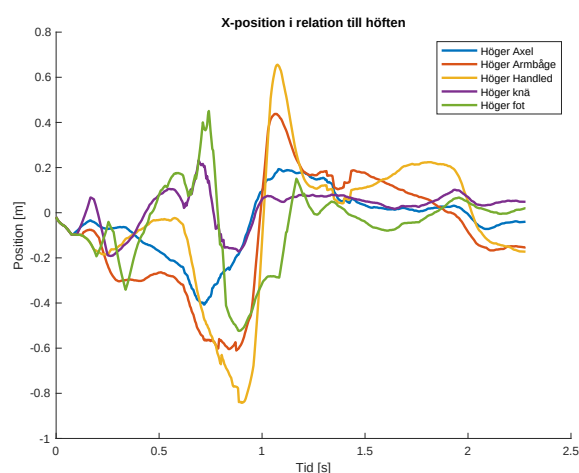
Resultat av maxhastighet registrerades endast för F09, P08 och Herrjuniorer. Tabell B.7 visar maxhastighet för dessa spelare. För övriga åldersgrupper kan inte deras snabbaste skott anses vara deras maxhastighet då de inte ombads skjuta så hårt de kunde.

4.2 Videoanalys

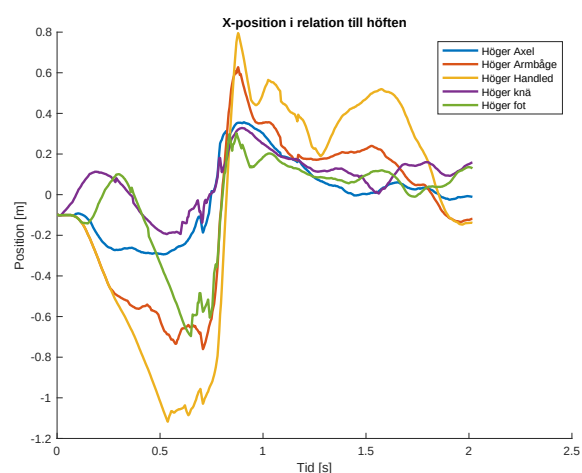
Nedan presenteras resultat för position, hastighet och kraft för de tre utvalda spelarna. Vidare presenteras hastighetsbidrag från olika kroppsdelar samt likheter och skillnader mellan ålder och kön.

4.2.1 Damjuniorer

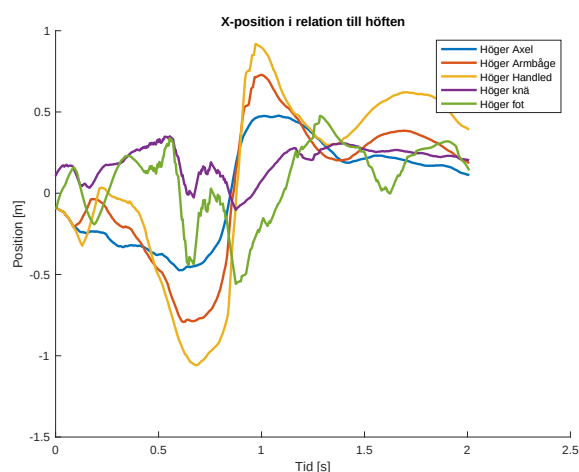
I figur 4.1–4.3 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften. Om linjen i grafen är under noll betyder det att kroppsdelen befinner sig bakom höften i det horisontella ledet. Ligger den över noll befinner sig kroppsdelen framför höften.



Figur 4.1: Horisontell position för spelare tre, damjuniorer

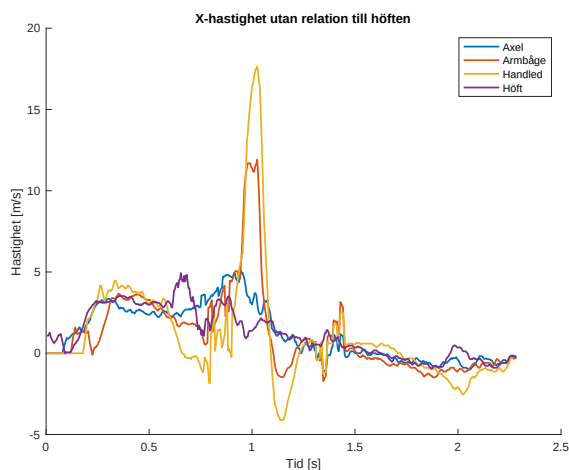


Figur 4.2: Horisontell position för spelare åtta, damjuniorer

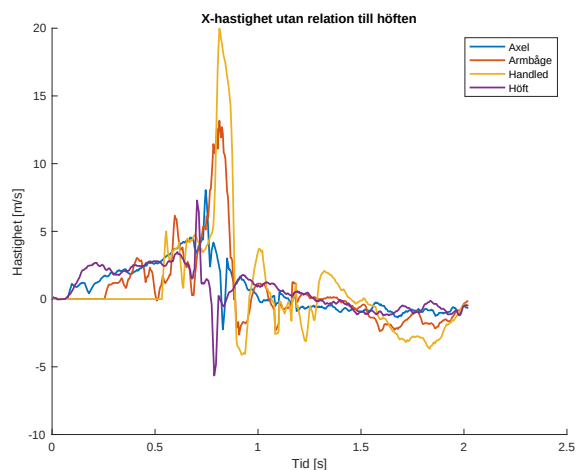


Figur 4.3: Horisontell position för spelare tio, damjuniorer

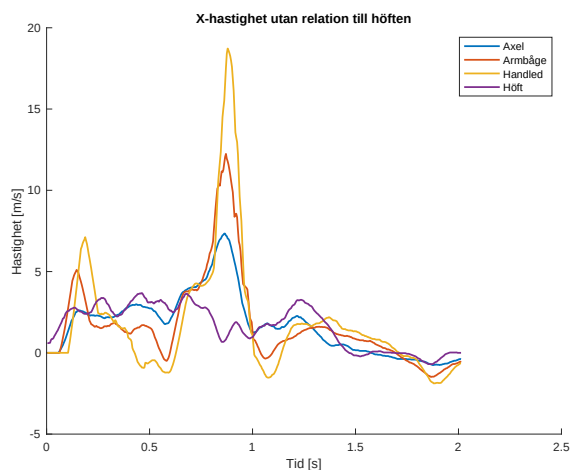
I figur 4.4–4.6 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem. Det globala koordinatsystemet medför att all förändring av position i kaströrelsen inklusive löprörelsen redovisas. Om hastigheten är negativ innebär det att förflyttning av kroppsdelen sker bakåt från måltavlan. Är den positiv sker förflyttning mot måltavlan. Är den positiv sker förflyttning mot måltavlan.



Figur 4.4: Global horisontell hastighet för spelare tre, damjuniorer

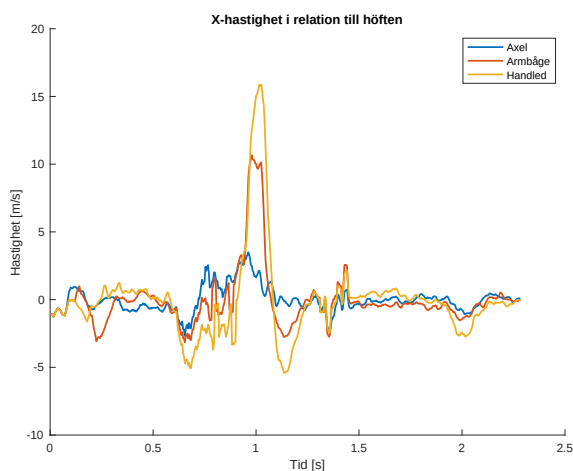


Figur 4.5: Global horisontell hastighet för spelare åtta, damjuniorer

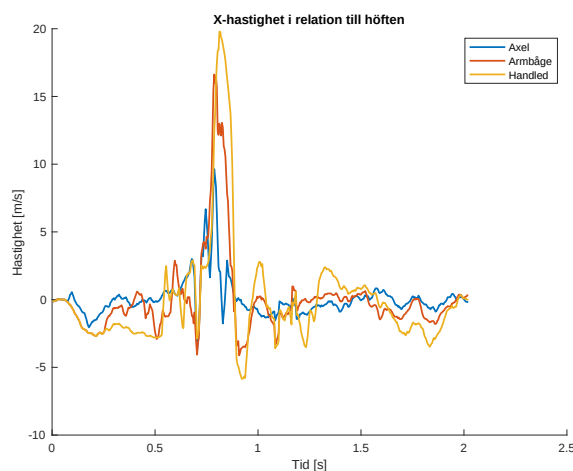


Figur 4.6: Global horisontell hastighet för spelare tio, damjuniorer

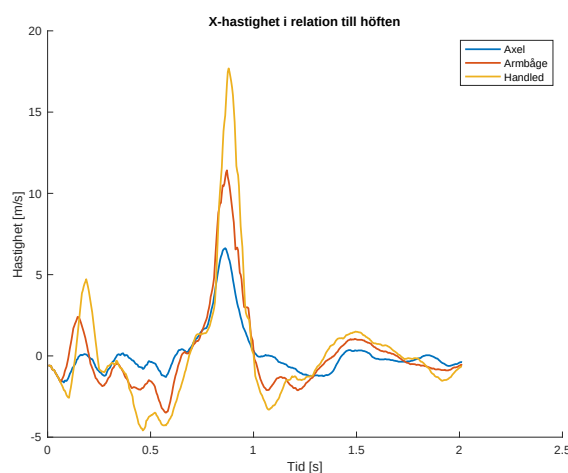
I figur 4.7–4.9 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem. Det rörliga koordinatsystemet är definierat så att höftens hastighet är origo, vilket innebär att löphastigheten inte inkluderas. Eftersom löphastigheten är subtraherad, redovisas endast kaströrelsens hastighet över tid. Vid negativ hastighet sker förflyttning av kroppsdelen bakåt i relation till höften och är den positiv sker förflyttning framåt i relation till höften.



Figur 4.7: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare tre, damjuniorer



Figur 4.8: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare åtta, damjuniorer



Figur 4.9: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare tio, damjuniorer

I bilaga C.1–C.3 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem med höften som origo. Eftersom origo är satt till höften resulterar det i att det endast är kastörelsens acceleration som redovisas.

I tabell 4.10 redovisas krafterna som genereras i kaströrelsen. Det som redovisas är kraft utan snärtrörelsen i handen, kraft för hela skotten och kraft som genereras av snärtrörelsen i handen. Krafterna beräknades med ekvationerna (3.3), (3.4) och (3.5).

Tabell 4.10: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, damjuniorer. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen

Spelare-Skott	F_{handled} [N]	F_{total} [N]	$F_{\text{snärt}}$ [N]
3-4	25.23	28.53	3.30
8-3	28.06	35.41	7.34
10-1	27.16	30.37	3.21

I bilaga C.4–C.6 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid. Bidraget är beräknat genom att subtrahera handledens hastighet med armbågens hastighet, för att erhålla underarmens hastighetsbidrag. Bidraget ger en indikation på hur stor del av skottrörelsens hastighet som erhålls från underarmen.

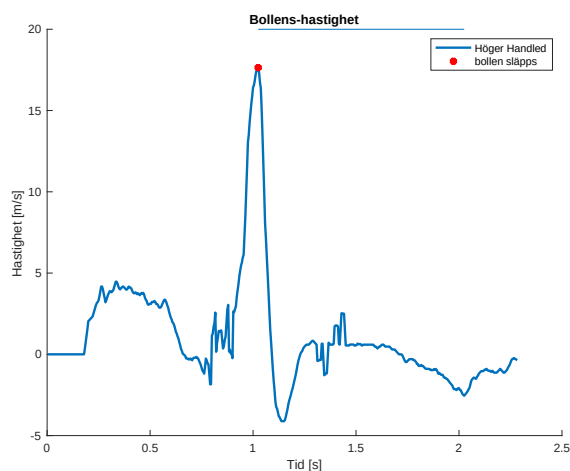
I bilaga C.7–C.9 redovisas relativ hastighet mellan handled och axel över tid. Skillnaden kan betraktas som hela armens hastighetsbidrag med antagandet att bollens hastighet är samma som handledens fram tills att bollen släpps.

I tabell 4.11 redovisas hastighetsbidrag för underarmen, hela armen, bål och löphastighet. Underarmens bidrag beräknades genom att ta handledens hastighet subtraherat med armbågens hastighet. Överarmens bidrag beräknades genom att ta armbågens hastighet subtraherat med axelns hastighet. Höftens bidrag beräknades genom att subtrahera axelns hastighet med höftens hastighet. Slutligen antogs löphastighetens bidrag till höftens hastighet. Vardera bidrag dividerades sedan med den handledens hastighet för att erhålla procentuella bidrag, därav inkluderas inte handens snärtrörelse. Bidragen är beräknade genom att ta den maximala hastigheten under skottrörelsen för vardera analyserad kroppsdel.

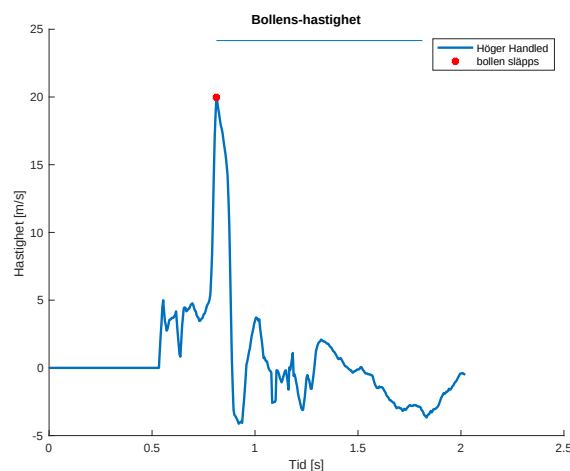
Tabell 4.11: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre spelarna, damjuniorer

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
3	31,0%	39.5%	8.5%	21,0%
8	32.5%	45,0%	7.5%	15,0%
10	34,0%	26.5%	18.5%	21,0%

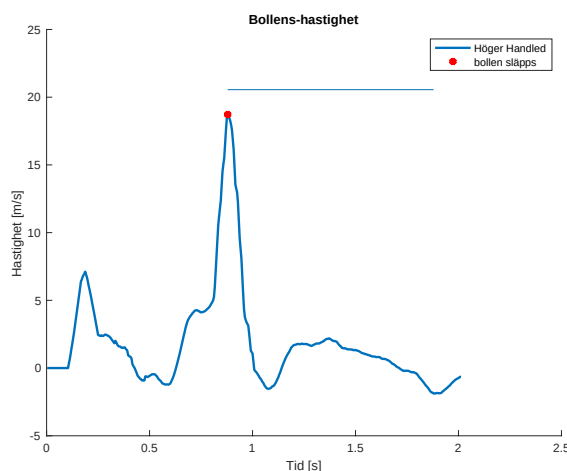
I figur 4.10–4.12 redovisas handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare. Uppmätt hastighet illustreras som en horisontell blå linje. Det redovisade resultat använder sig av ett globalt koordinatssystem, vilket medför att handledens hastighet är löphastigheten samt kaströrelsens hastighet. Den skillnad som kan ses mellan handledens hastighet när bollen släpps och den uppmätta hastigheten kan betraktas som den hastighet handens snärtrörelse bidrar med.



Figur 4.10: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare tre, damjuniorer



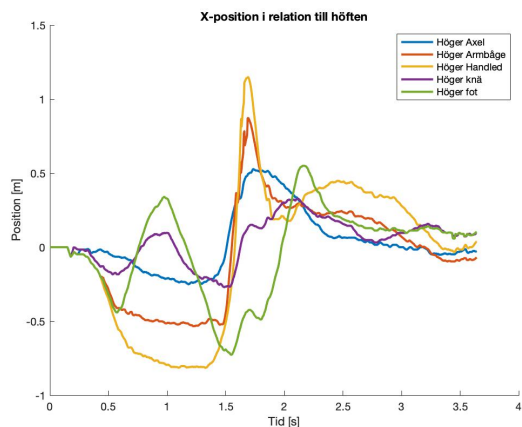
Figur 4.11: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare åtta, damjuniorer



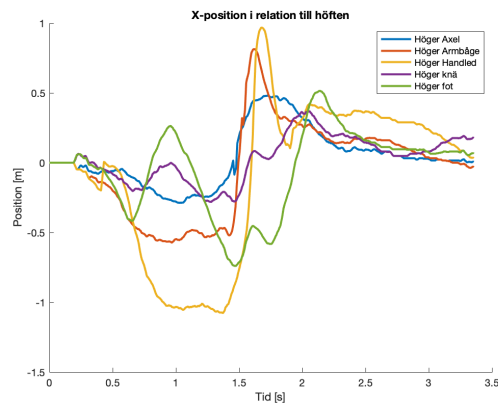
Figur 4.12: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare tio, damjuniorer

4.2.2 Herrjuniorer

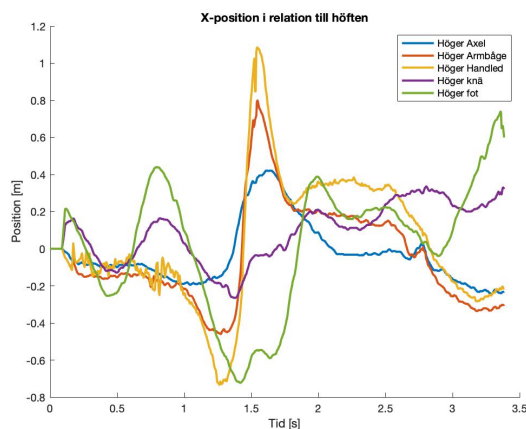
I figur 4.13–4.15 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften.



Figur 4.13: Horisontell position för spelare ett skott fyra, herrjuniorer

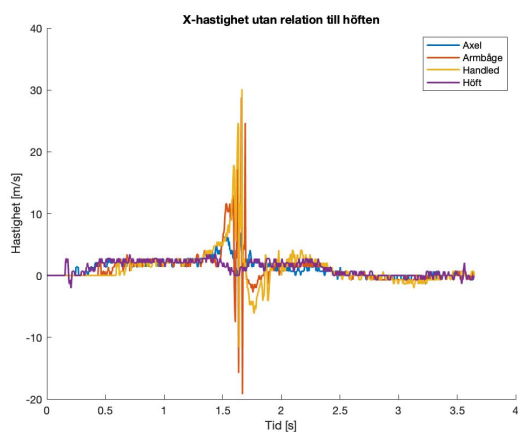


Figur 4.14: Horisontell position för spelare ett skott sex, herrjuniorer

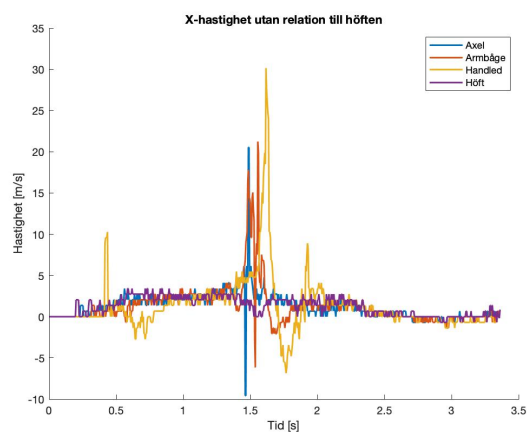


Figur 4.15: Horisontell position för spelare sex skott tre, herrjuniorer

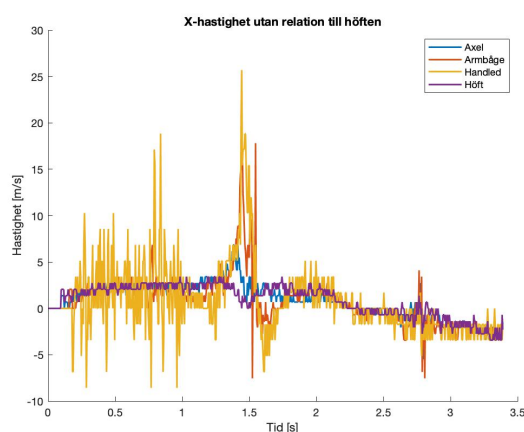
I figur 4.16–4.18 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem.



Figur 4.16: Global horisontell hastighet för spelare ett skott fyra, herrjuniorer

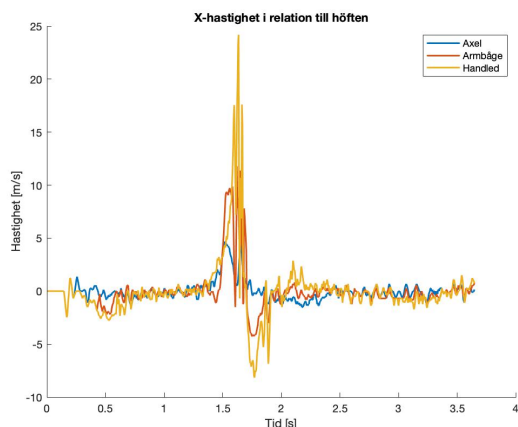


Figur 4.17: Global horisontell hastighet för spelare ett skott sex, herrjuniorer

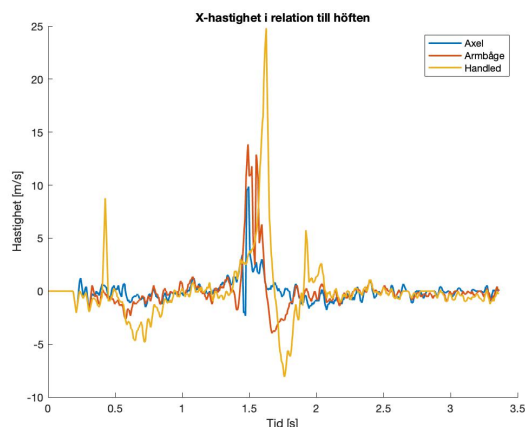


Figur 4.18: Global horisontell hastighet för spelare sex skott tre, herrjuniorer

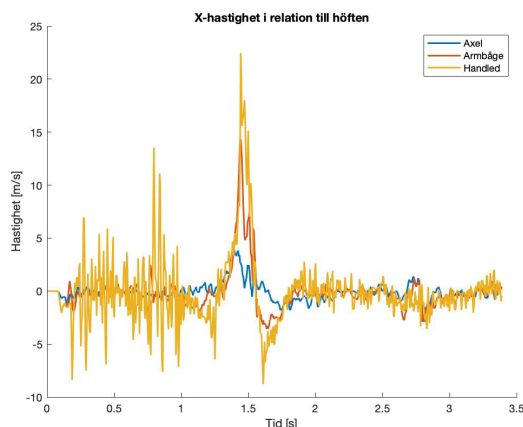
I figur 4.19–4.21 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem.



Figur 4.19: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare ett skott fyra, herrjuniorer



Figur 4.20: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare ett skott sex, herrjuniorer



Figur 4.21: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare sex skott tre, herrjuniorer

I bilaga C.10–C.12 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.12 redovisas krafter som genereras i kaströrelsen.

Tabell 4.12: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, herrjuniorer

Spelare–Skott	F_{handled} [N]	F_{total} [N]	$F_{\text{snärt}}$ [N]
1–4	37.01	45.22	8.21
1–6	42.93	49.81	6.88
6–3	40.09	44.96	4.87

I bilaga C.13–C.15 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid.

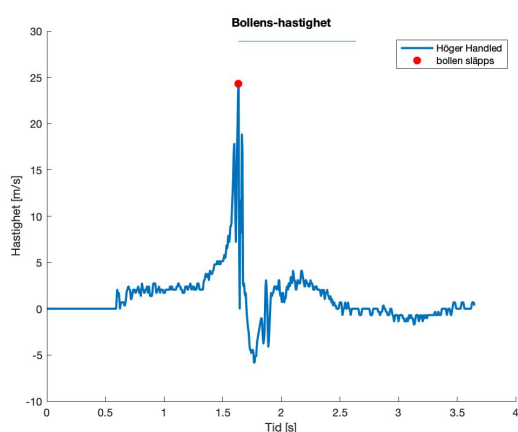
I bilaga C.16–C.18 redovisas relativ hastighet mellan handleden och axel över tid.

I tabell 4.13 redovisas hastighetsbidrag för underarm, överarm, bål och löphastighet.

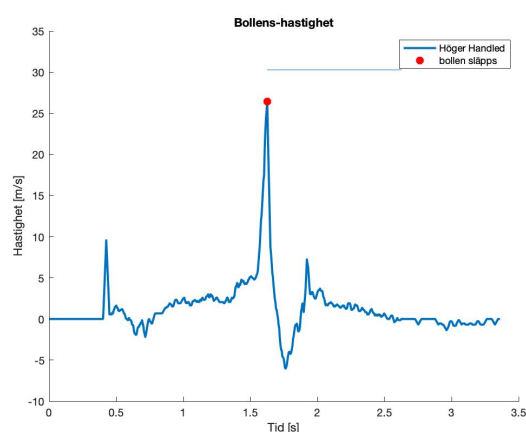
Tabell 4.13: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, herrjuniorer

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålsens bidrag	Löphastighetens bidrag
1(-4)	36.7%	40,0%	13.3%	10,0%
1(-6)	40,0%	40,0%	10,0%	10,0%
6	42.3%	30.7%	11.5%	15.5%

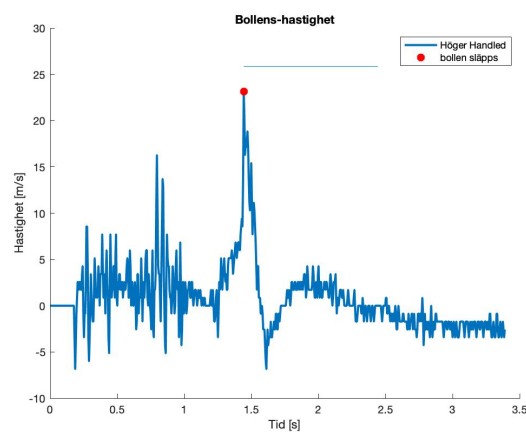
I figur 4.22–4.24 redovisas handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare. Den uppmätta hastigheten illustreras som en horisontell blå linje. Det redovisade resultatet relaterar till ett globalt koordinatssystem. Den skillnad som kan ses mellan handledens hastighet när bollen släpps och den uppmätt hastighet kan betraktas som hastigheten som handens snärtrörelse bidrar med.



Figur 4.22: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare ett skott fyra, herrjuniorer



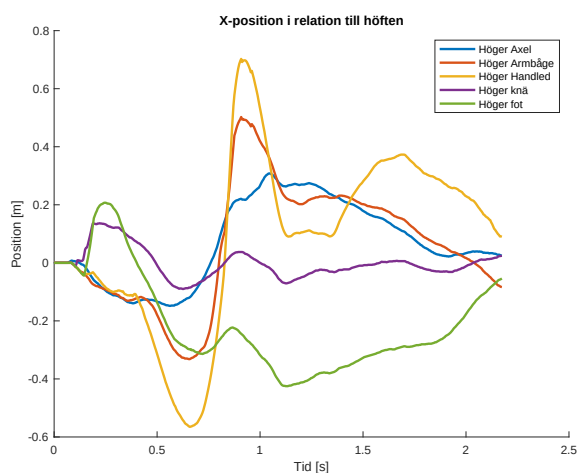
Figur 4.23: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare ett skott sex, herrjuniorer



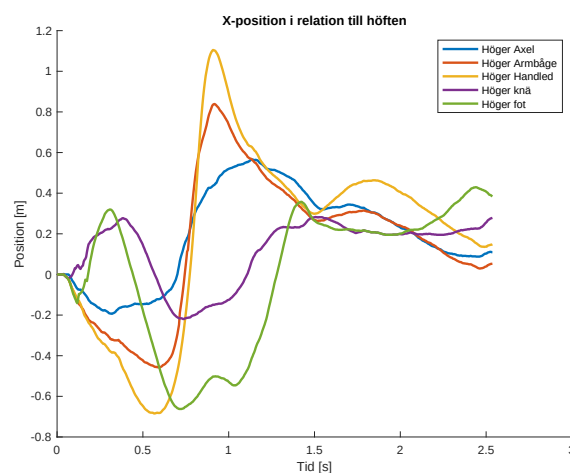
Figur 4.24: Handedens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare sex skott tre, herrjuniorer

4.2.3 F06/07

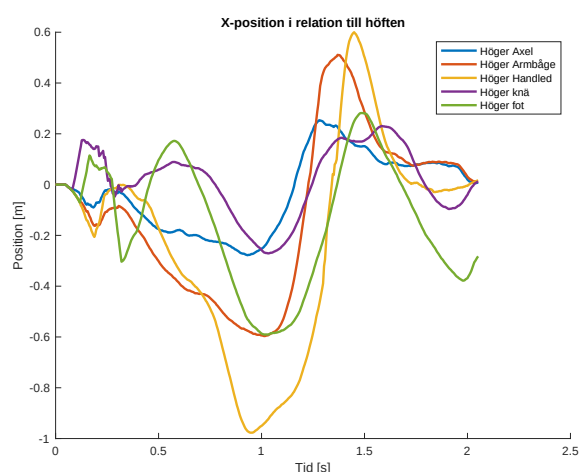
I figur 4.25–4.27 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften.



Figur 4.25: Horisontell position för spelare fem, F06/07

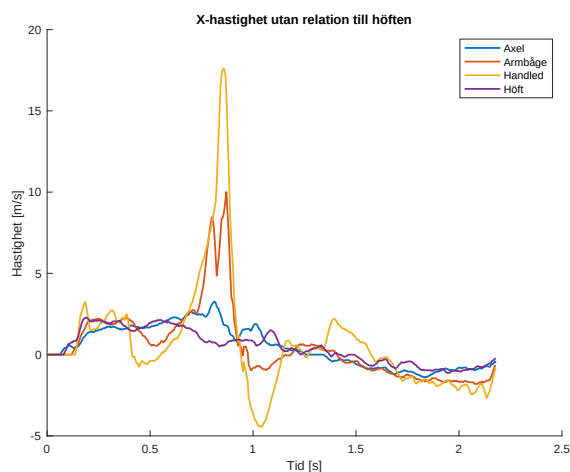


Figur 4.26: Horisontell position för spelare åtta, F06/07

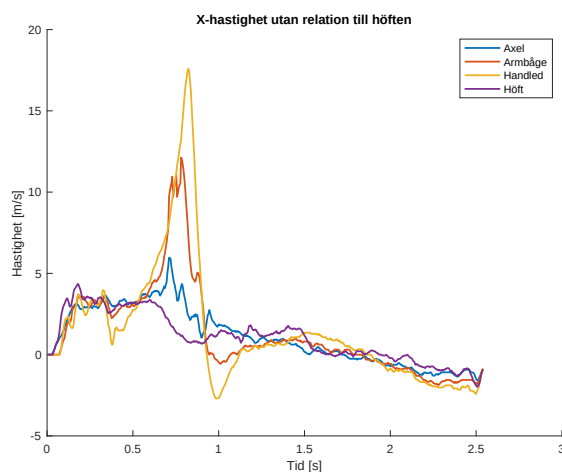


Figur 4.27: Horisontell position för spelare nio, F06/07

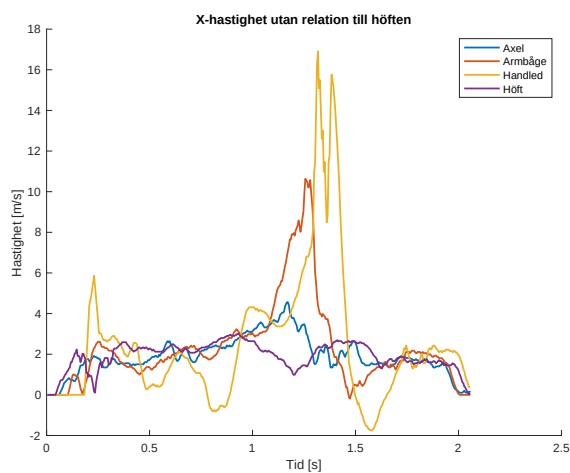
I figur 4.28–4.30 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem.



Figur 4.28: Global horisontell hastighet för spelare fem, F06/07

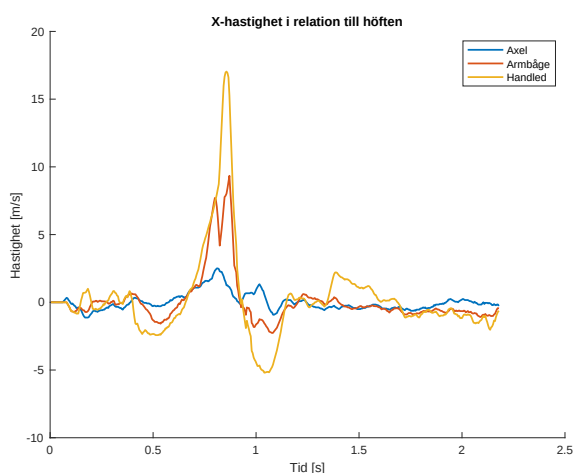


Figur 4.29: Global horisontell hastighet för spelare åtta, F06/07

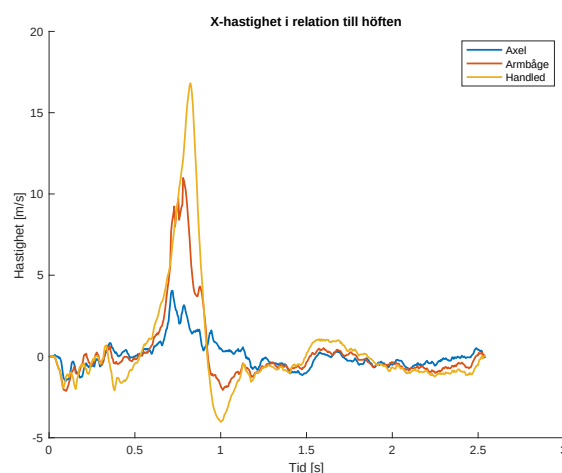


Figur 4.30: Global horisontell hastighet för spelare nio, F06/07

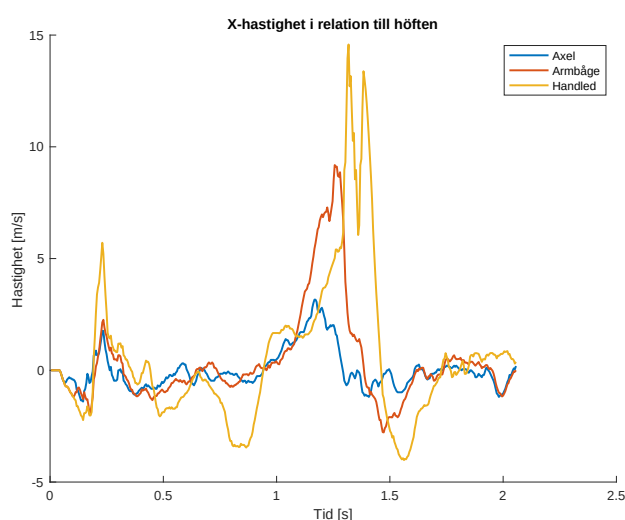
I figur 4.31–4.33 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem.



Figur 4.31: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare fem, F06/07



Figur 4.32: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare åtta, F06/07



Figur 4.33: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare nio, F06/07

I bilaga C.19–C.21 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.14 redovisas krafterna som genereras i kaströrelsen.

Tabell 4.14: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, F06/07. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen

Spelare-Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
5–5	20.23	24.09	3.86
8–2	16.09	19.65	3.56
9–1	15.52	18.23	2.71

I bilaga C.22–C.24 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid.

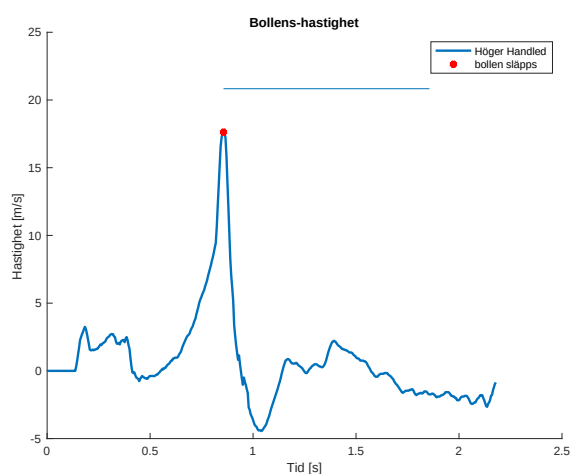
I bilaga C.25–C.27 redovisas relativ hastighet mellan handleden och axel över tid.

I tabell 4.15 redovisas hastighetsbidrag för underarm, överarm, bål och löphastighet.

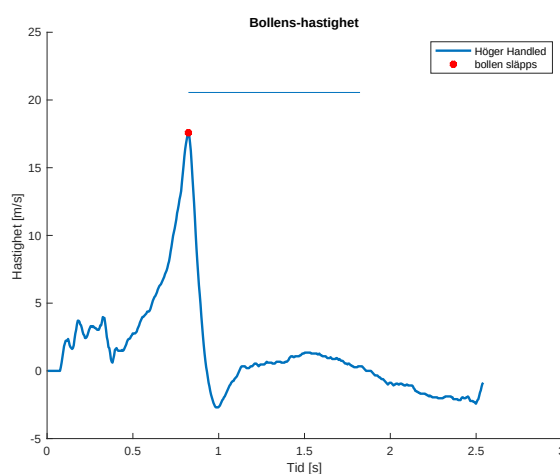
Tabell 4.15: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, F06/07

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålsens bidrag	Löphastighetens bidrag
5	44.45%	33.33%	11.11%	11.11%
8	30.50%	36.13%	11.13%	22.24%
9	38.23%	32.35%	11.77%	17.65%

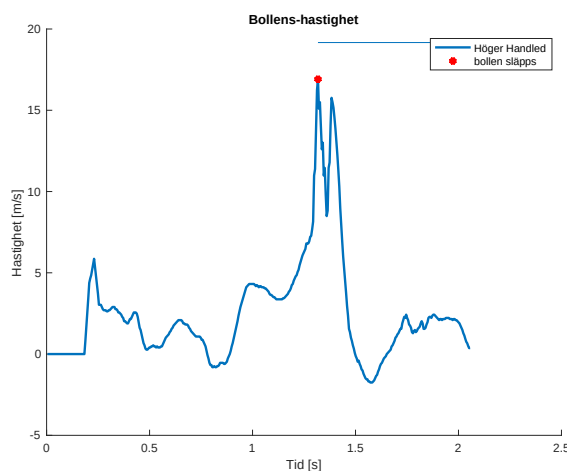
I figur 4.34–4.36 redovisas handledens hastighet över tid i globalt koordinatsystem, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare.



Figur 4.34: Visar handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare fem, F06/07



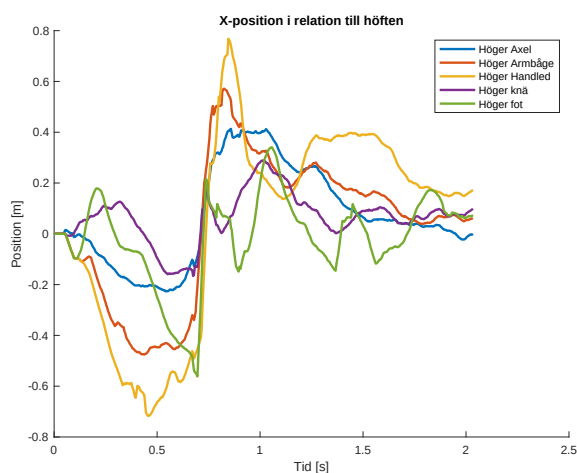
Figur 4.35: Visar handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare åtta, F06/07



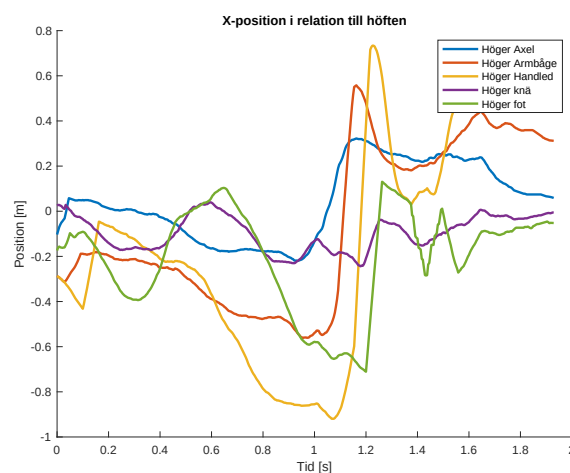
Figur 4.36: Visar handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare nio, F06/07

4.2.4 P04

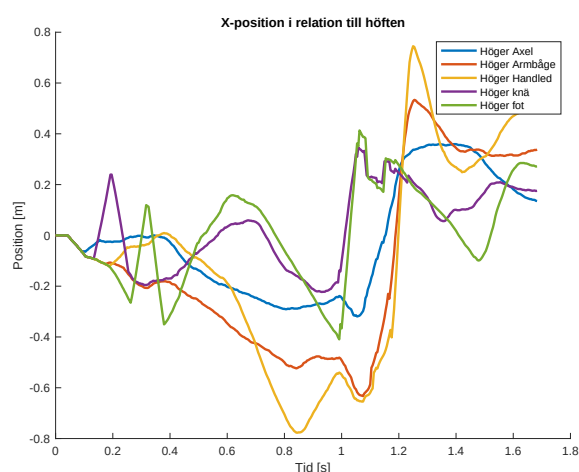
I figur 4.37–4.39 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften.



Figur 4.37: Horisontell position för spelare 14, P04

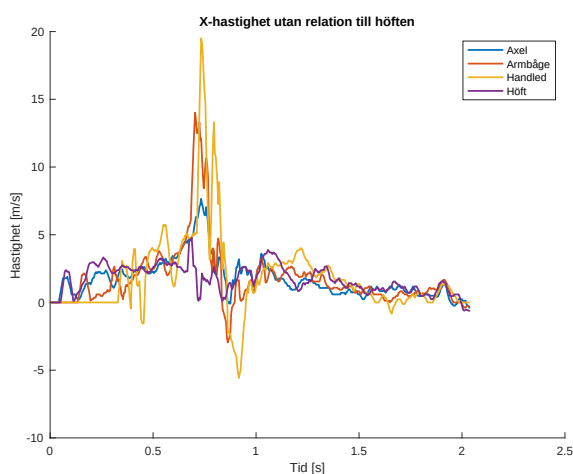


Figur 4.38: Horisontell position för spelare 16, P04

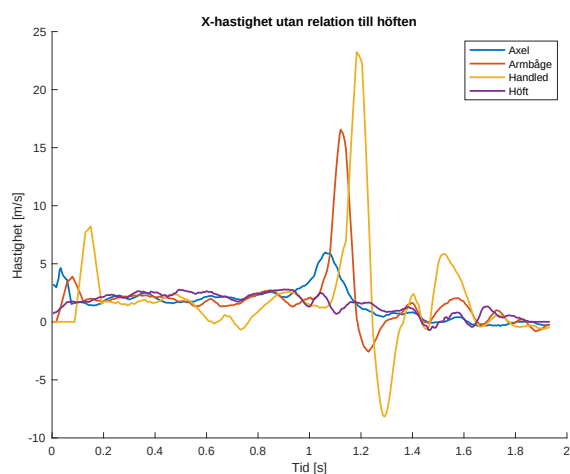


Figur 4.39: Horisontell position för spelare 17, P04

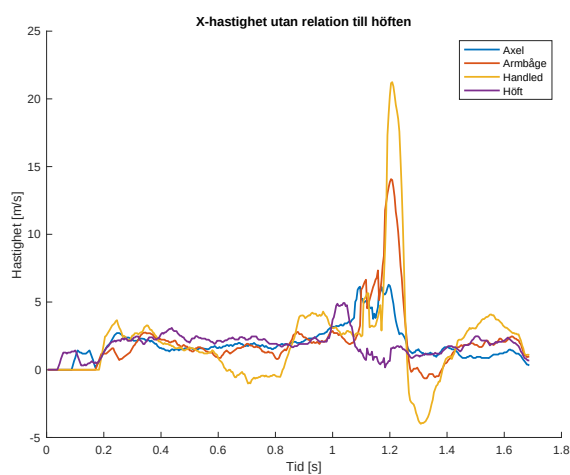
I figur 4.40–4.42 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem.



Figur 4.40: Global horisontell hastighet för spelare 14, P04

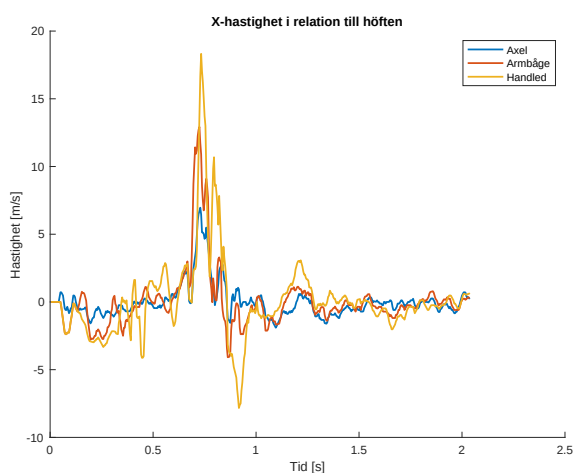


Figur 4.41: Global horisontell hastighet för spelare 16, P04

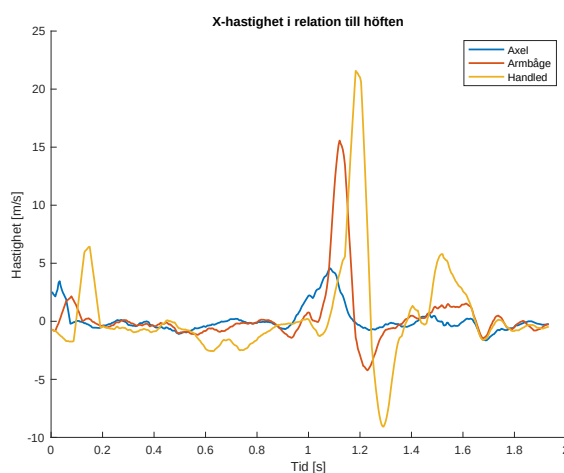


Figur 4.42: Global horisontell hastighet för spelare 17, P04

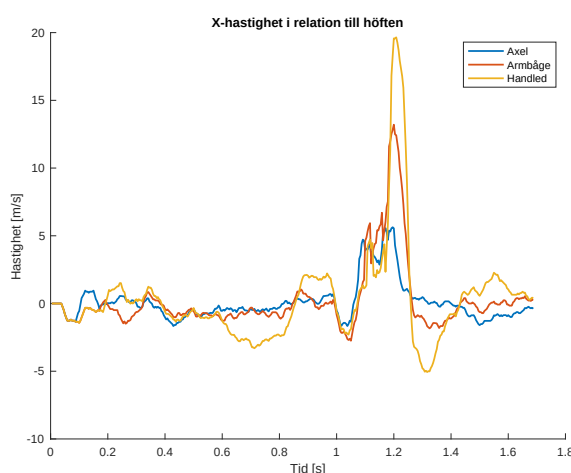
I figur 4.43–4.45 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem.



Figur 4.43: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare 14, P04



Figur 4.44: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare 16, P04



Figur 4.45: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare 17, P04

I bilaga C.28–C.30 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.16 redovisas krafterna som genereras i kaströrelsen.

Tabell 4.16: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtekraften för de tre utvalda spelarna, P04. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen.

Spelare–Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
14–1	28.26	34.15	5.89
16–2	37.35	40.98	3.64
17–1	31.07	39.34	8.27

I bilaga C.31–C.30 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid.

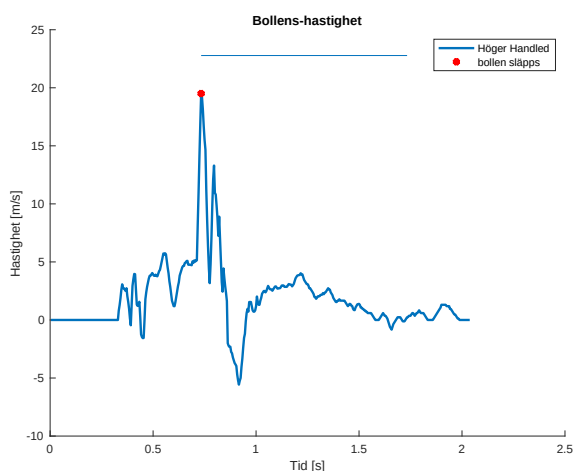
I bilaga C.34–C.36 redovisas relativ hastighet mellan handleden och axel över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.17 redovisas hastighetsbidrag för underarm, överarm, bål och löphastighet.

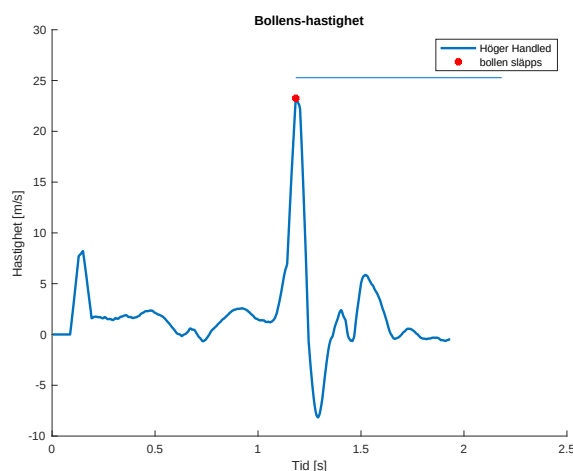
Tabell 4.17: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, P04

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
14	28.22%	33.33%	23.07%	15.38%
16	27.36%	42.12%	16.84%	13.68%
17	39.47%	39.47%	7.89%	13.17%

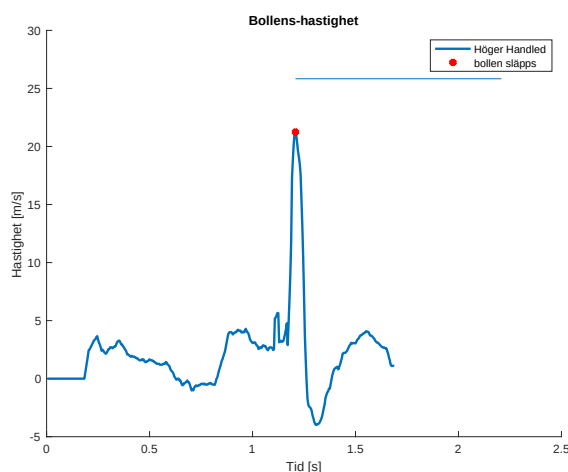
I figur 4.46–4.48 redovisas handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet.



Figur 4.46: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare 14, P04



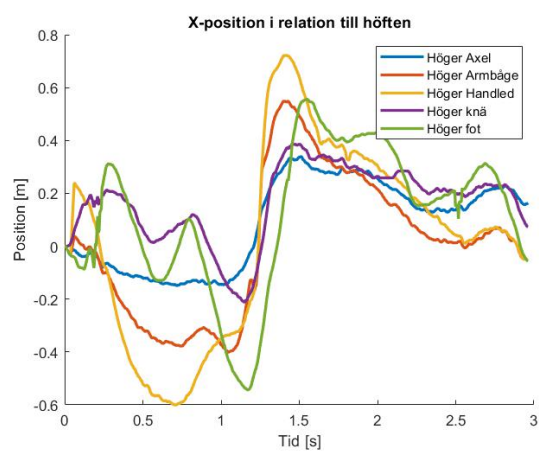
Figur 4.47: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare 16, P04



Figur 4.48: Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare 17, P04

4.2.5 F09

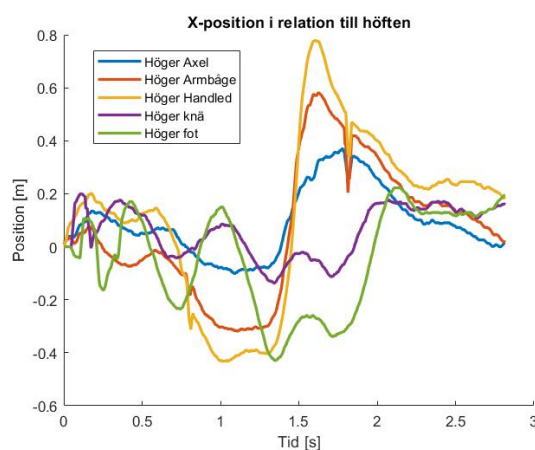
I figur 4.49–4.51 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften.



Figur 4.49: Horisontell position för spelare två, F09

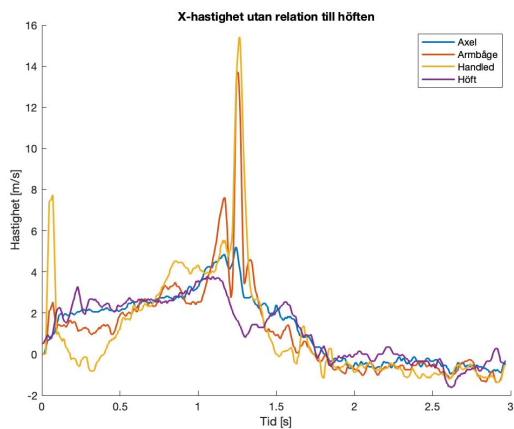


Figur 4.50: Horisontell position för spelare åtta, F09

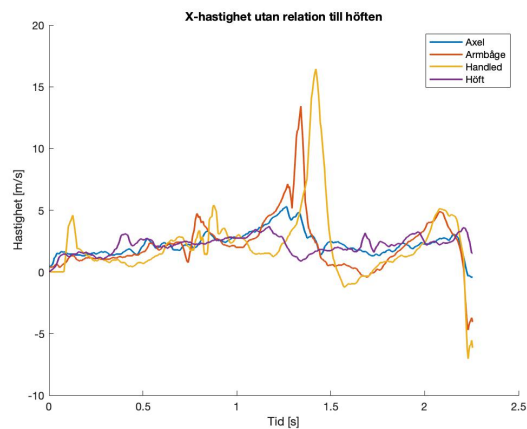


Figur 4.51: Horisontell position för spelare 21, F09

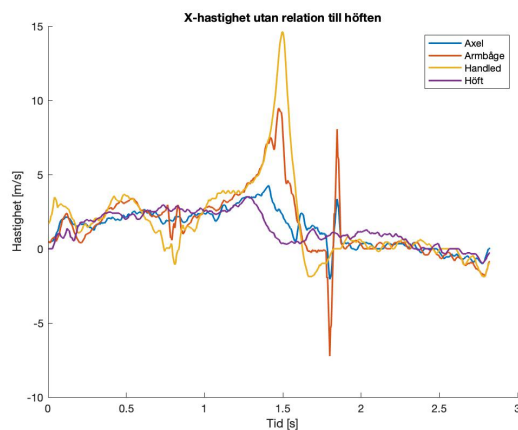
I figur 4.52–4.54 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem.



Figur 4.52: Global horisontell hastighet för spelare två, F09

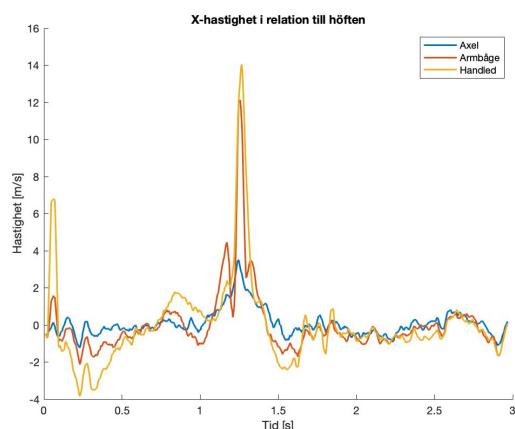


Figur 4.53: Global horisontell hastighet för spelare åtta, F09

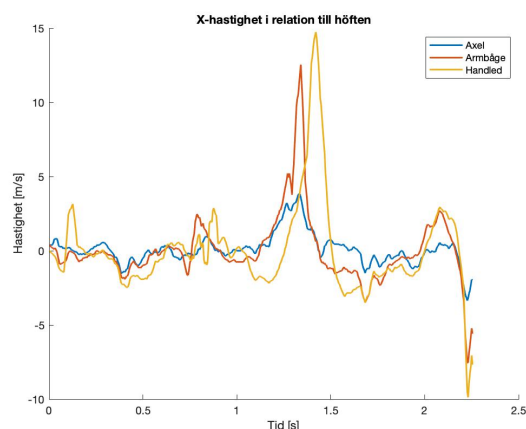


Figur 4.54: Global horisontell hastighet för spelare 21, F09

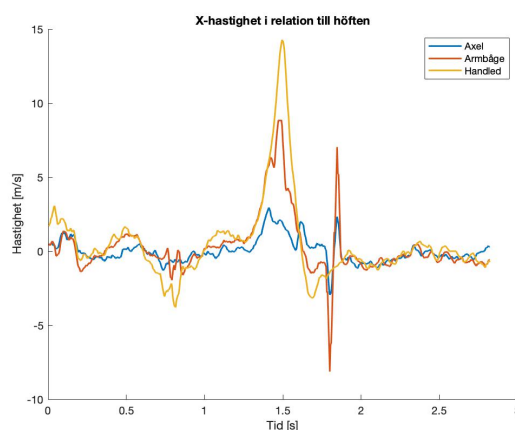
I figur 4.55–4.57 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem.



Figur 4.55: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare två, F09



Figur 4.56: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare åtta, F09



Figur 4.57: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare 21, F09

I bilaga C.37–C.39 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.18 redovisas krafterna som genereras i kaströrelsen.

Tabell 4.18: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, F09. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen.

Spelare–Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
2–4	11.37	12.25	0.87
8–1	16.14	16.88	0.74
21–5	11.83	12.68	0.85

I bilaga C.40–C.42 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid.

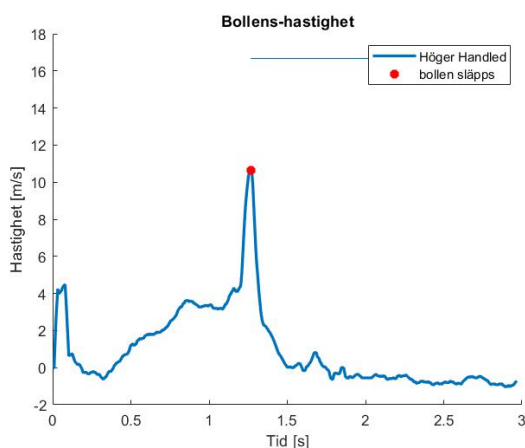
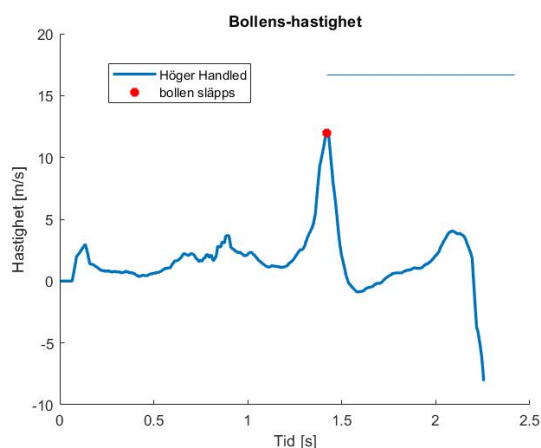
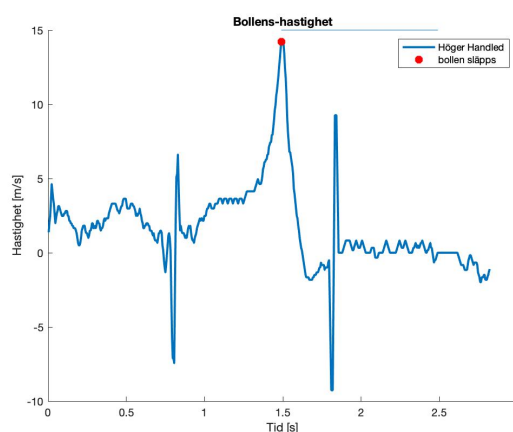
I bilaga C.43–C.45 redovisas relativ hastighet mellan handleden och axel över tid.

I tabell 4.19 redovisas hastighetsbidrag för underarm, överarm, bål och löphastighet.

Tabell 4.19: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, F09

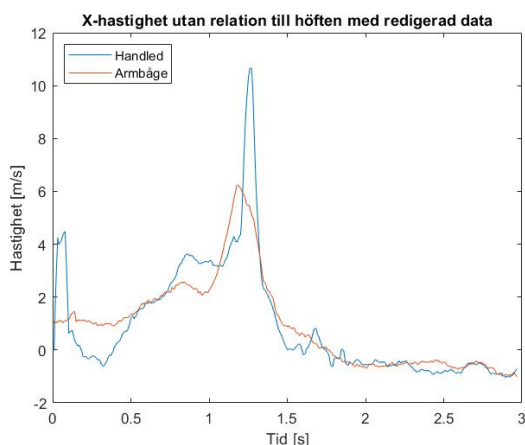
Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
2	11.11%	57.11%	7.94%	23.81%
8	17.65%	50.00%	8.82%	23.53%
21	36.67%	36.67%	6.66%	20.00%

I figur 4.58–4.60 redovisas handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet.

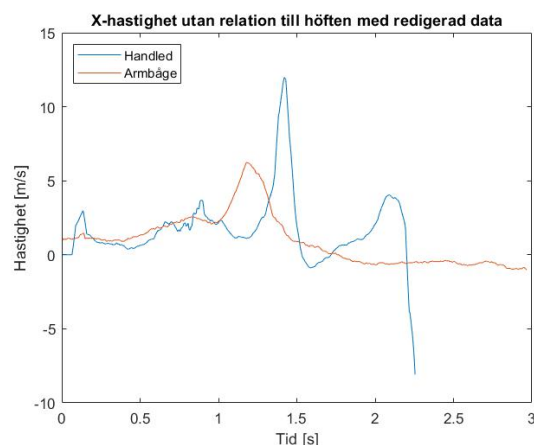
**Figur 4.58:** Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare två, F09**Figur 4.59:** Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare åtta, F09**Figur 4.60:** Handledens hastighet över tid, tillfället när bollen släpps (röd punkt) och uppmätt hastighet (blå horisontell linje) för spelare 21, F09

I figur 4.61–4.62 redovisas handledens och armbågens hastigheter över tid med korrigerad data för försöksperson två och åtta. Den korrigerade datan kan jämföras med armbågs- och handledspositioner i figurerna 4.49–4.50. Redigeringen av datan är utförd för att

illustrera hastigheten i horisontellt led utan störningar i ett rörligt koordinatsystem där höftens position är definierats som origo. Skottet för spelare två korrigerades på grund av en felaktig detektering vid handledens maximala position. Den felaktiga detekteringen medförde att handledens hastighet blev mindre än vad de egentligen var. Skottet för spelare åtta korrigerades på grund av en störning vid armbågens maximala position som medförde att dess position blev ungefär lika långt bort från höften som handleden. På grund av felaktig position blev armbågens hastighet även felaktig.



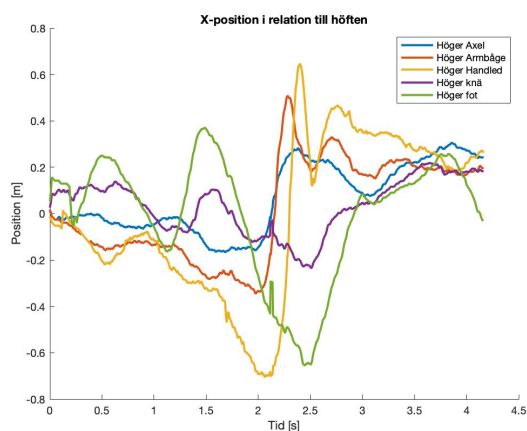
Figur 4.61: Handledens och armbågens hastigheter över tid med korrigerad data för försöksperson två, F09



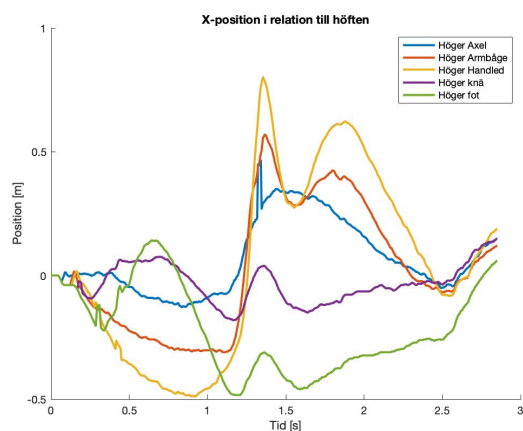
Figur 4.62: Handledens och armbågens hastigheter över tid med korrigerad data för försöksperson åtta, F09

4.2.6 P08

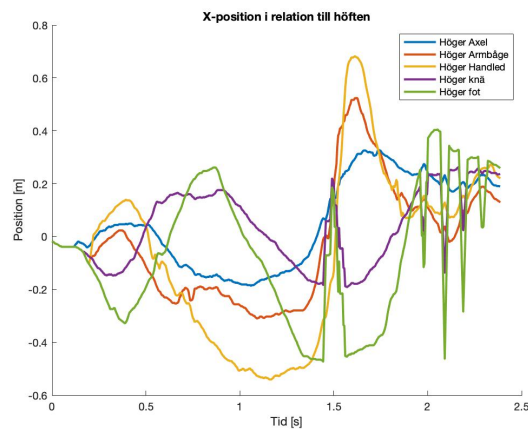
I figur 4.63–4.65 redovisas horisontell position över tid för kroppsdelarna i relation till höften.



Figur 4.63: Horisontell position för spelare ett, P08

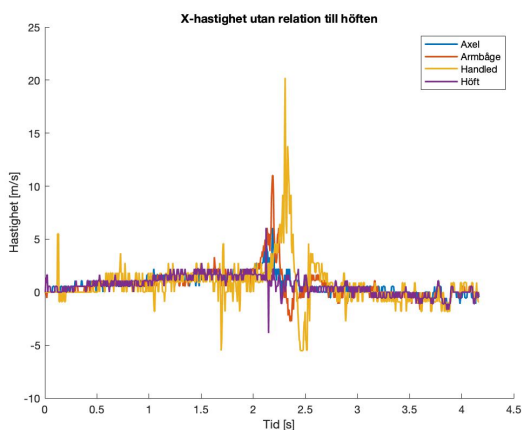


Figur 4.64: Horisontell position för spelare fem, P08

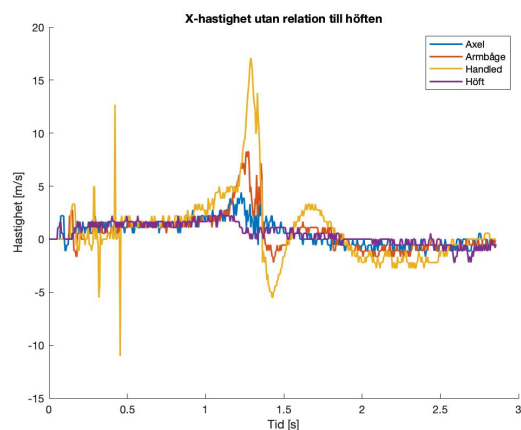


Figur 4.65: Horisontell position för spelare femton, P08

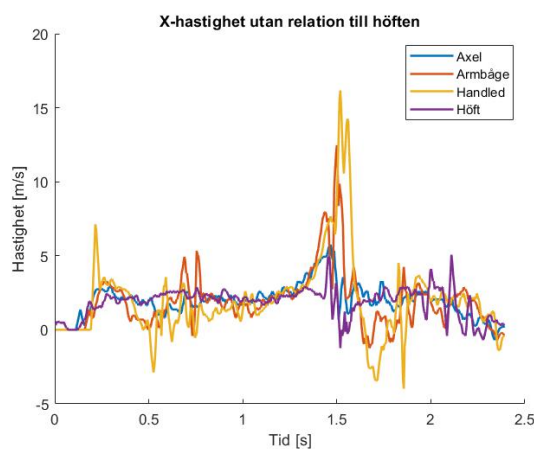
I figur 4.66–4.68 redovisas hastighet över tid i ett globalt koordinatsystem.



Figur 4.66: Global horisontell hastighet för spelare ett, P08

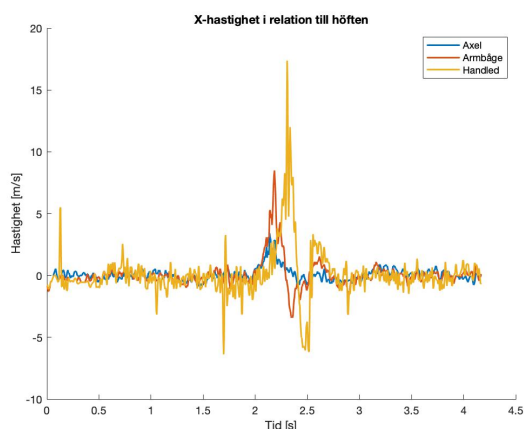


Figur 4.67: Global horisontell hastighet för spelare fem, P08

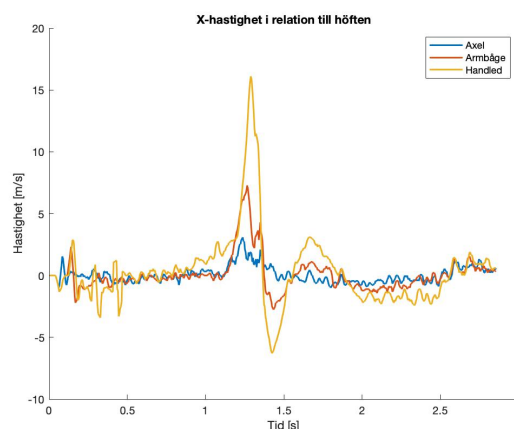


Figur 4.68: Global horisontell hastighet för spelare femton, P08

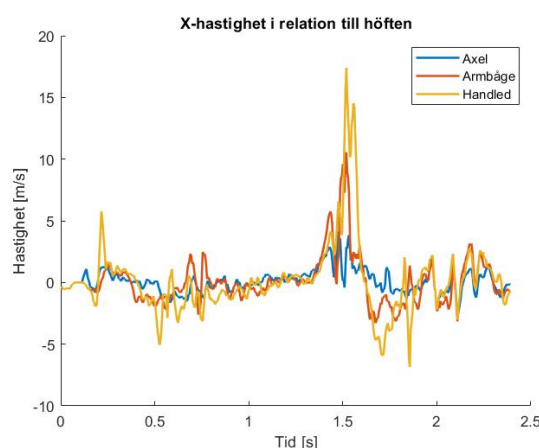
I figur 4.69–4.71 redovisas hastighet över tid i ett rörligt koordinatsystem.



Figur 4.69: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare ett, P08



Figur 4.70: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare fem, P08



Figur 4.71: Horisontell hastighet i relation till höften för spelare femton, P08

I bilaga C.46–C.48 redovisas horisontell acceleration över tid i ett rörligt koordinatsystem.

I tabell 4.20 redovisas krafterna som genereras i kaströrelsen.

Tabell 4.20: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtekraften för de tre utvalda spelarna, P08. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen

Spelare–Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
1–5	20.40	26.23	5.83
5–1	15.62	20.36	4.75
15–3	14.56	18.02	3.46

I bilaga C.49–C.51 redovisas relativ hastighet mellan handled och armbåge över tid.

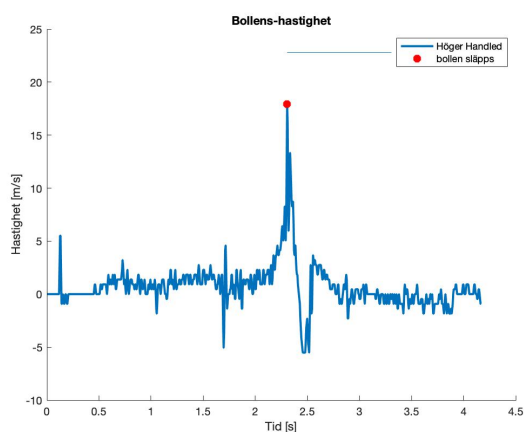
I bilaga C.52–C.54 redovisas relativ hastighet mellan handleden och axel över tid.

I tabell 4.21 redovisas hastighetsbidrag för underarm, överarm, bål och löphastighet.

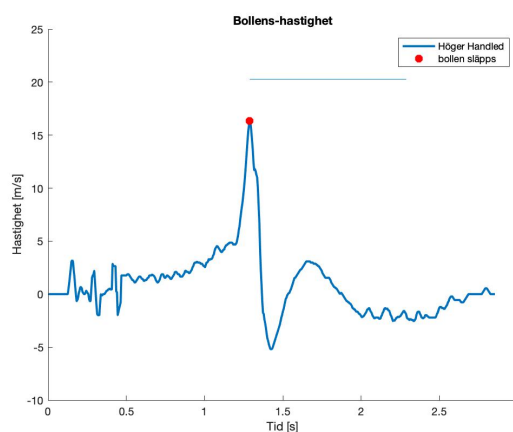
Tabell 4.21: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, P08

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
1	45,00%	25,00%	17,50%	12,50%
5	52,94%	23,53%	8,82%	14,71%
15	20,00%	46,66%	16,67%	16,67%

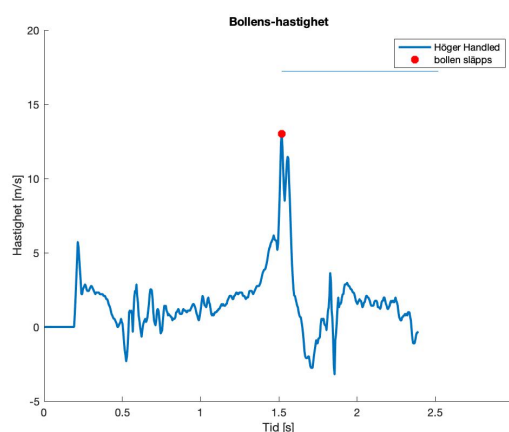
I figur 4.72–4.74 redovisas handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet.



Figur 4.72: Visar handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare ett, P08



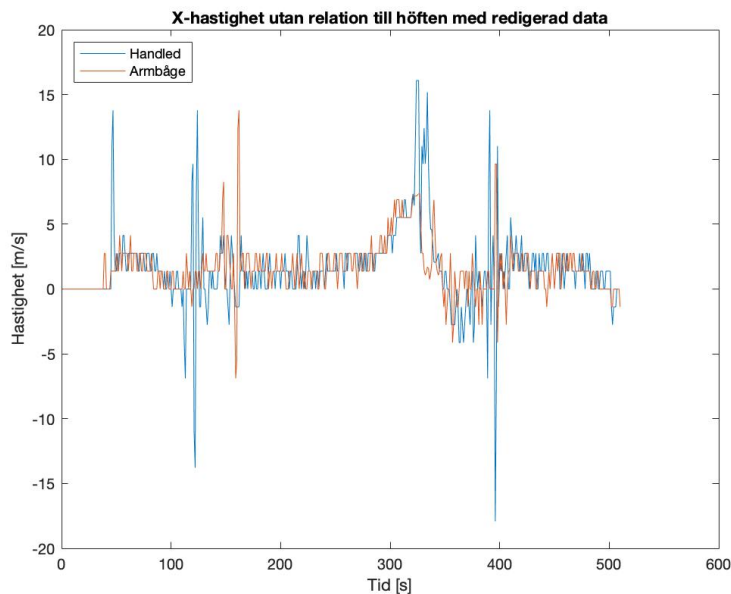
Figur 4.73: Visar handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare fem, P08



Figur 4.74: Visar handledens hastighet över tid, tillfälle när bollen släpps och uppmätt hastighet med hastighetsmätare för spelare femton, P08

I figur 4.75 redovisas handledens och armbågens hastigheter över tid med korrigerad data för försöksperson 15. Den redigerade datan kan jämföras med armbågens och handledens positioner i figur 4.65. Redigeringen av datan är utförd för att illustrera hastigheten i

horisontellt led utan störningar i ett rörligt koordinatsystem där höftens position är definierats som origo. Skottet för spelare 15 korrigerades på grund av en felaktig detektering vid handledens och armbågens maximala position. Den felaktiga detekteringen medförde att handledens och armbågens hastighet blev mindre än vad de egentligen var.



Figur 4.75: Handledens och armbågens hastigheter över tid med korrigerad data för försöksperson 15

4.2.7 Jämförelse mellan spelare och försöksgrupper

I bilaga D redovisas handledens hastighet över tid för samtliga utvalda spelare som en tjock linje och handledens hastigheter för alla försökspersoner i respektive testgrupp som smala linjer. Tiden för resultaten redovisas i bildrutor, vilket betyder att antalet bildsekvenser och hastigheterna för vardera skott är definierad enligt samma tidsenhet. Figurerna använder sig av ett rörligt koordinatsystem där respektive försökspersons höft har definierats som origo. Bilagorna behandlar jämförelse för handledens hastighet mellan utvalda spelare och deras egna försöksgrupp. Vidare har jämförelse utförts mellan utvalda spelare i damjuniorer och herrjuniorer samt P04; mellan utvalda spelare i herrjuniorer och damjuniorer samt P04; mellan utvalda spelare i F06/07 och damjuniorer, P04 och F09; mellan utvalda spelare i P04 och F09, F06/07 och P08; mellan utvalda spelare i F09 och F06/07 samt P08; samt mellan utvalda spelare i P08 och F06/07, F09 och P08.

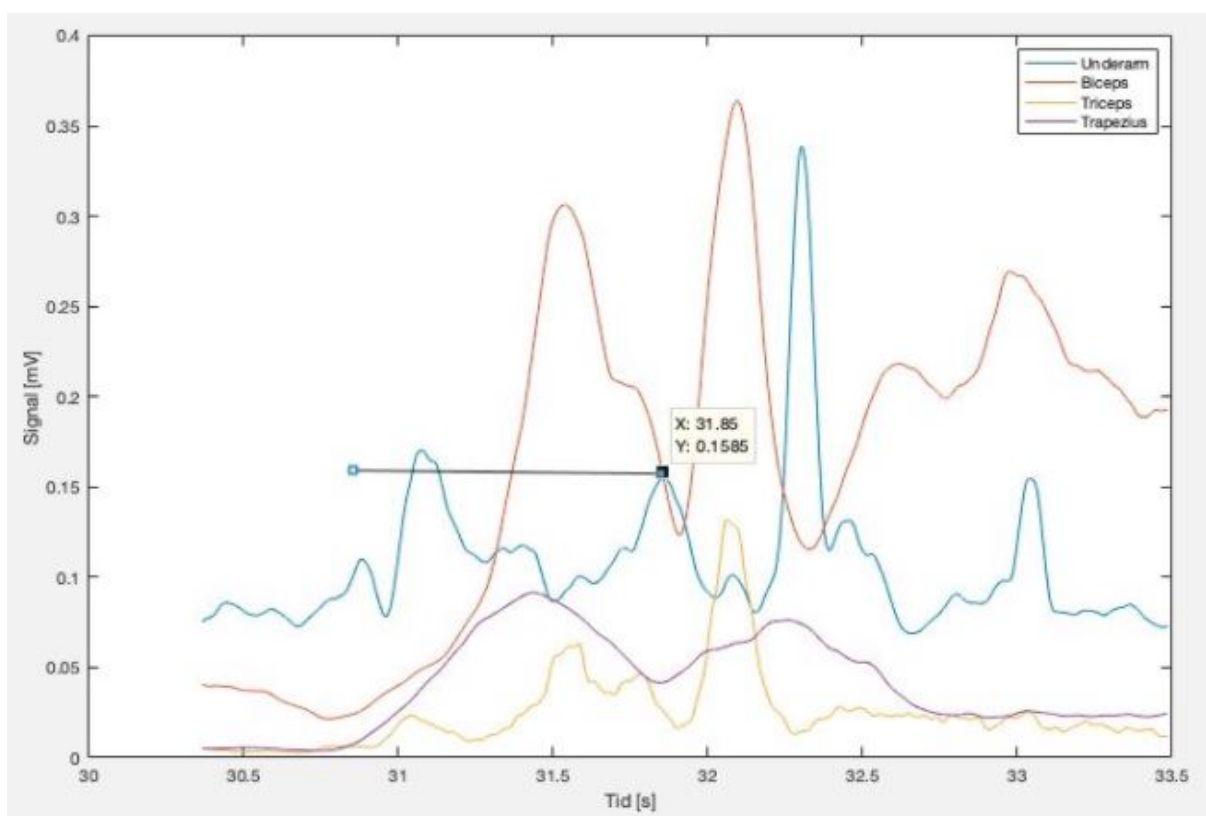
I bilaga E redovisas armbågens hastighet över tid för samtliga utvalda spelare som en tjock linje och armbågens hastigheter för samtliga försökspersoner i respektive testgrupp som smala linjer. I bilagan redovisas jämförelse mellan spelare och olika försöksgrupper. Ett rörligt koordinatsystem används och tiden för resultaten redovisas i bildrutor. Bilagorna behandlar jämförelse för armbågens hastighet där respektive spelare jämförs på samma vis som för bilaga D.

4.3 Elektromyografi

I följande kapitel kommer elektromyografimätningarna presenteras genom illustrationer av varje muskels RMS-signal, samt beskrivning av varje sekvens av skottet.

4.3.1 Skottsekvens för spelare F06/07

I figur 4.76 redovisas RMS-sigaler från spelare F06/07 första test. RMS-signalerna som visas är för brachioradialis-muskel, biceps-muskel, triceps-muskel och trapezius-muskel. Mätningen som illustreras är endast en passning utförd av spelaren och inte ett skott.

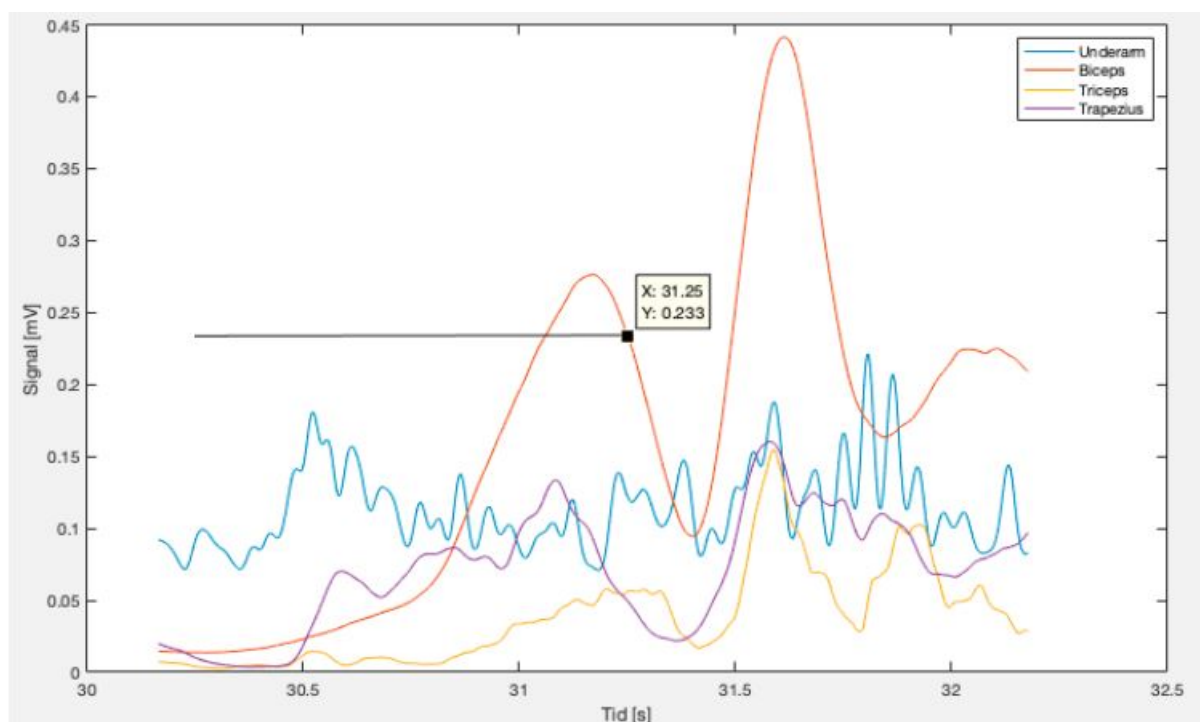


Figur 4.76: RMS-singal för samtliga muskler från test ett för spelare från F06/07

Skottsekvensen i test ett kan sammanfattas enligt följande:

- **31.42:** Trapeziusmuskeln är aktiverad, boll och arm befinner sig längst bak i skott-rörelsen.
- **31.53:** Bicepsmuskeln aktiveras och armen rör sig framåt i skottrörelsen.
- **31.59:** Tricepsmuskeln aktiveras i framåtrörelsen i skottet.
- **31.86:** Bollen släpps, strax efter underarmen aktiverats. Aktiveringen av underarmen är knappt märkbar under hela skottet. Vid tidpunkten då bollen lämnar handen slappnar bicepsmuskeln av.
- **31.98:** Tricepsmuskeln börjar bromsa skottrörelsen.
- **31.98:** Bicepsmuskeln aktiveras under bromsningen.
- **32.25:** Trapeziusmuskeln aktiveras i bromsningen.

I figur 4.77 redovisas RMS-sigaler från spelare F06/07 andra test.



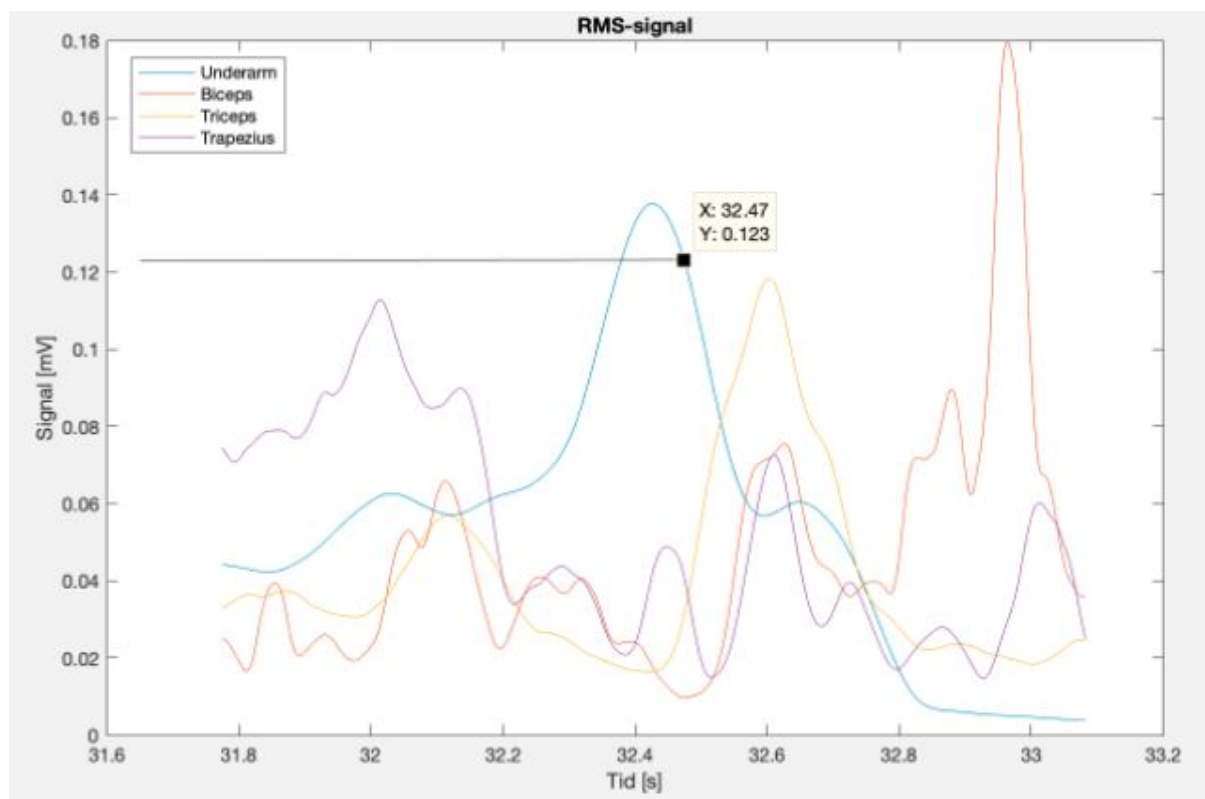
Figur 4.77: Spelare från F06/07 test två

Skottesequensen i test två kan sammanfattas enligt följande:

- **30.85:** Trapeziusmuskeln är aktiverad och armen är längst bak i skottrörelsen.
- **31.08:** Ny aktivering av trapezius i framåtrörelsen.
- **31.17:** Bicepsmuskeln är aktiverad i framåtrörelsen.
- **31.20:** Tricepsmuskeln är aktiverad, men används inte särskilt mycket i kastet.
- **31.25:** Bollen släpps, underarmen registrerar inga ändringar (alternativt används inte speciellt mycket).
- **31.44:** Trapeziusmuskeln påbörjar bromsningen av skottrörelse.
- **31.53:** Bicepsmuskeln aktiveras i bromsningen av skottrörelsen.
- **31.55:** Tricepsmuskeln aktiveras i bromsningen av skottrörelsen.

4.3.2 Skottsekvens för spelare herrjunior

I figur 4.78 redovisas RMS-signalerna från herrjuniorens första test.

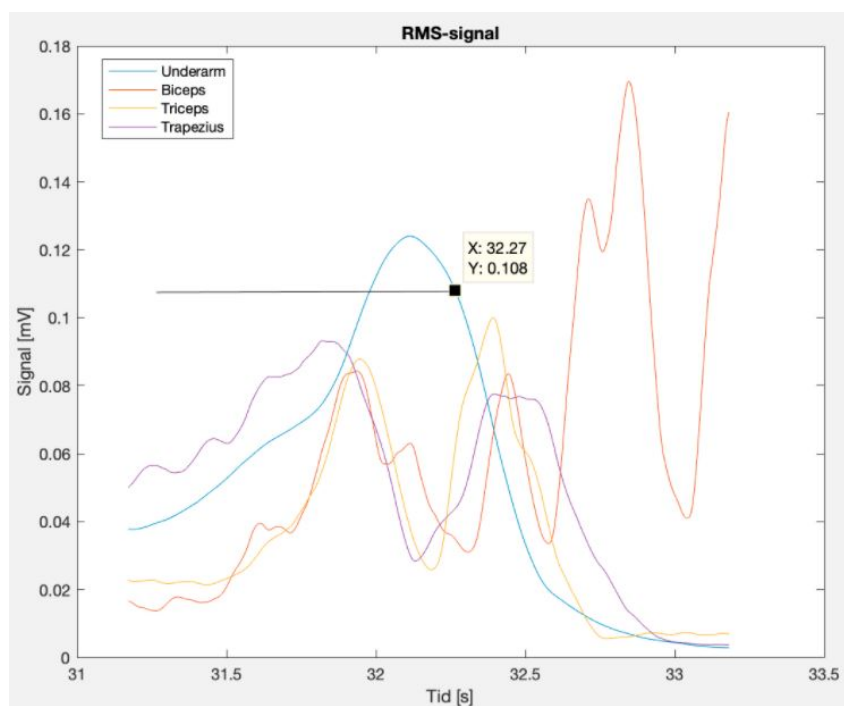


Figur 4.78: Spelare från herrjuniorer test ett

Skottsekvensen i test ett kan sammanfattas enligt följande:

- Bollen position startar i högt läge och ingen armrörelse upp finns.
- **32.02:** Bollen befinner sig längst bak i rörelsen och trapeziusmuskeln är som mest aktiverad.
- **32.11:** Armen börjar röras framåt och brachioradialis är maximalt kontraherad.
- **32.47:** Bollen släpps.
- **32.61:** Tricepsmuskeln bromsar.
- **32.63:** Bicepsmuskeln bromsar.

I figur 4.79 redovisas RMS-signaler från herrjuniorrens andra test.



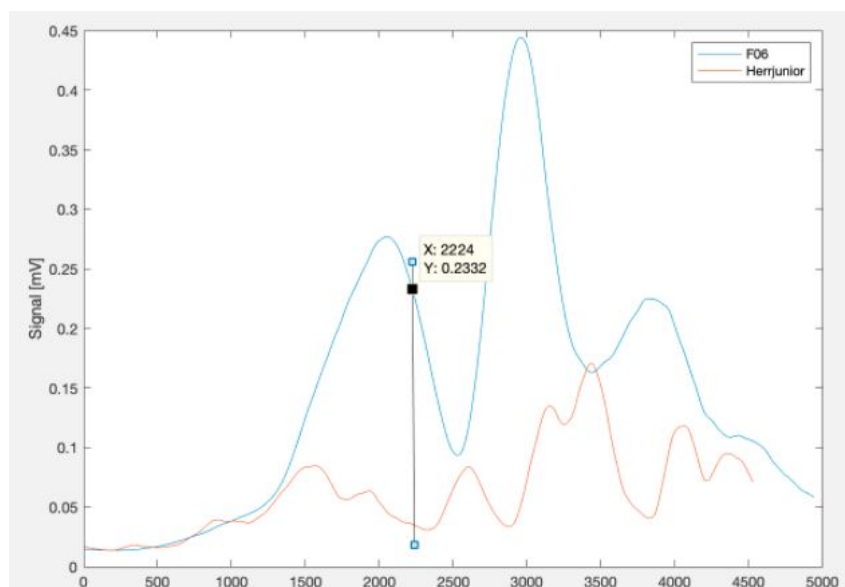
Figur 4.79: Spelare från herrjuniorer test två

Skottsekvensen i test två kan sammanfattas enligt följande:

- **31.1:** börjar lyfta bollen uppåt och bakåt.
- **31.8–31.93:** Bollen befinner sig längst bak i rörelsen och trapeziusmuskeln är som mest aktiverad.
- **32.1** Armen börjar röras framåt och brachioradialismuskeln är maximalt kontrahe-rad.
- **32.27:** Bollen släpps.
- **32.4:** Tricepsmuskeln bromsar armen.
- **32.5:** Bicepsmuskeln bromsar. Trapeziusmuskeln aktiveras 0,13s innan biceps- och tricepsmuskeln.

4.3.3 Jämförelse av F06/07 och herrjunior

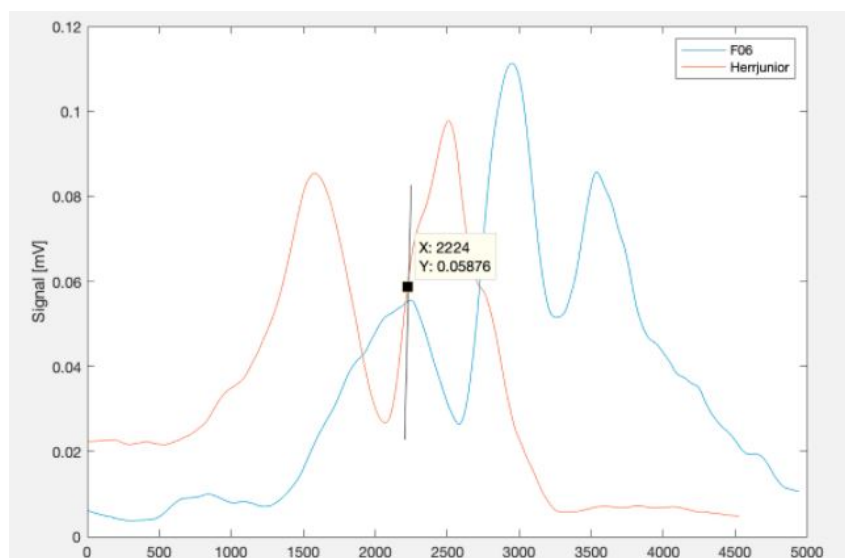
I figur 4.80 redovisas jämförelse av bicepsmuskelns RMS-signalerna mellan F06/07 och herrjuniorens. Tester som jämförs är spelare F06/07 andra test och herrjuniorens andra test.



Figur 4.80: Jämförelse mellan bicepsmuskeln

Vid jämförelse av aktivitet för bicepsmuskeln vid själva skottögonblicket (markerat med svart ruta i figur 4.80) framgår att spelare F06/07 har en tydligare topp för muskelaktivitet i bicepsmuskeln jämfört med herrjunioren. Spelarna har en avtagande aktivitet i muskeln vid skottögonblicket och därefter.

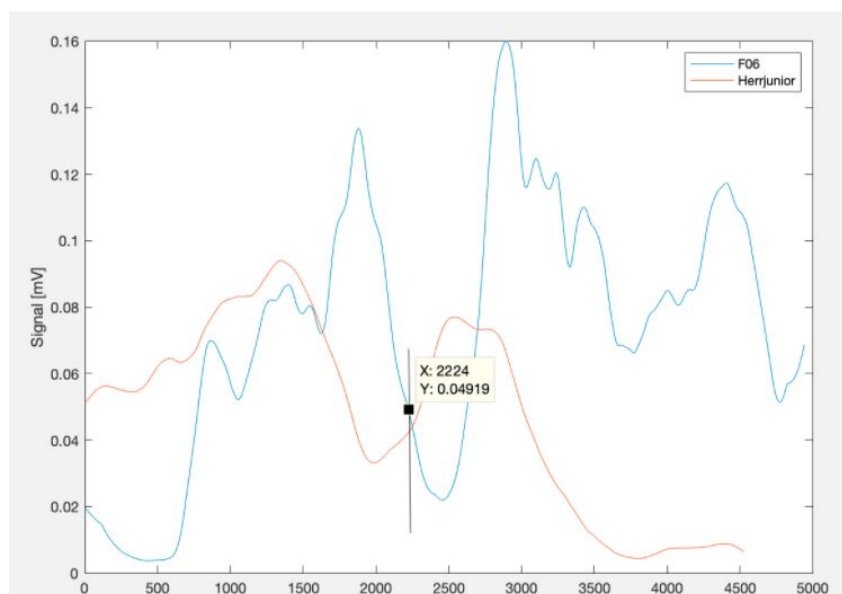
I figur 4.81 redovisas jämförelse av tricepsmuskelns RMS-signalerna mellan F06/07 och herrjuniorens. Tester som jämförs är spelare F06/07 andra test och herrjuniorens andra test.



Figur 4.81: Jämförelse mellan tricepsmuskler

Den tydliga skillnaden för tricepsmuskeln är att spelare F06/07 maximerar sin muskelaktivitet då bollen lämnar handen. Då bollen släpps befinner sig herrjunioren mitt i en ökande muskelaktivitet.

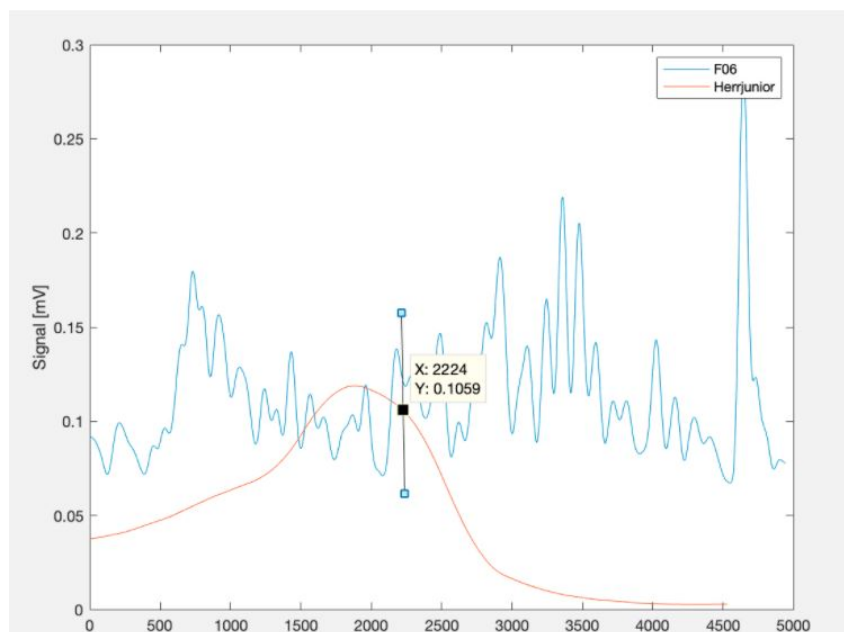
I figur 4.82 redovisas jämförelse av trapeziusmuskeln RMS-signaler mellan F06/07 och herrjuniorens. Tester som jämförs är spelare F06/07 andra test och herrjuniorens andra test.



Figur 4.82: Jämförelse mellan trapeziusmuskler

Det finns en varierande muskelaktivitet i trapeziusmusklerna hos båda spelare i början av skottträningen. Vid skottögonblicket har spelare F06/07 en avtagande muskelaktivitet samtidigt som spelare herrjunior precis påbörjar en muskelaktivitet.

I figur 4.83 redovisas jämförelse av bicepsmuskeln RMS-signaler mellan F06/07 och herrjuniorens. Tester som jämförs är spelare F06/07 andra test och herrjuniorens andra test.



Figur 4.83: Jämförelse mellan brachioradialismuskler

För herrjunioren syns det tydligt att det enbart finns en topp i brachioradialismuskelnns aktivitet vilket innebär att den muskeln används innan bollen släpps. För spelare F06/07 syns ett flertal toppar både innan och efter bollen släpps och har därmed ingen tydlig aktivering av brachioradialismuskeln under tillfället då bollen släpps.

5

Diskussion

Kommande kapitel behandlar diskussion relaterat till de metoder som använts och resultat som erhållits. Vidare resoneras kring eventuella problem i metoderna som har påverkat resultaten.

5.1 Skottstatistik

Det huvudsakliga målet med att föra statistik på träffsäkerhet och skotthastighet, i jämförelse med fysiska egenskaper hos spelarna, var att kartlägga specifika kroppsliga attribut som bidrar till ett snabbt eller träffsäkert skott. Vid analys av tabell 4.1 går det att urskilja att snitthastigheten på skotten ökar med ålder. I analysen tas ålderskillnaden mellan P04 och herrjuniorer i beaktning eftersom det enbart skiljer ett år mellan de två grupperna. Även fast P04 har en högre skotthastighet än herrjuniorer går det inte att säga definitivt att yngre spelare skjuter hårdare än äldre på grund av den låga ålderskillnaden. En förklaring till hastighetskillnaden kan vara att herrjuniorer var uppdelad i olika grupper: skyttar och kant/linjespelare, vilket eventuellt kan ha påverkat resultatet. Det går inte lika tydligt att urskilja för P04 då det är en större spridning sett till position och skotthastighet där även målvakter sköt i höga hastigheter som inte var förekommande för andra åldersgrupper. Skotthastigheten ökar med ålder upp till ett "mättnadsvärde" som P04 och herrjuniorer möjligtvis befinner sig i. Sammantaget stämmer det att ju äldre spelare är desto hårdare skjuter spelaren.

I tabell 4.2 redovisas träffsäkerheten, där herrjuniorer och P08 har de två högsta medelvärdena, $57\% \pm 18\%$ respektive $59\% \pm 10\%$. Det kan jämföras med P04:orna, som har det lägsta medelvärdet för träffsäkerhet tillsammans med damjuniorerna med en genomsnittlig träffsäkerhet på $31\% \pm 8\%$ respektive $31\% \pm 10\%$. Ett antagande baserat på den låga träffsäkerheten för P04:orna är att försöksgruppen förmodligen prioriterade skotthastighet framför träffsäkerhet i sina prestationer.

5.1.1 Analys av korrelationer

Vid undersökningen av korrelationer mellan skottparametrar, spelarnas fysiska attribut och spelarerfarenhet, kunde samband utläsas med hjälp av Pearsons koefficient. Gällande den kvantitativa mätningen av skotten, var det endast i gruppen herrjuniorer där ett medel till starkt samband kunde utläsas gällande skotthastighet och träffsäkerhet, se tabell 4.3, vilket var 0,45 för gruppen. Därmed innebär det att ju hårdare en herrjunior i denna försöksgrupp skjuter, desto träffsäkrare tenderar skottet att bli, vilket inte nödvändigtvis stämmer överens med verkligheten. I herrjuniorerna kan en enskild försöksperson påverka statistiken i större grad relativt de andra försöksgrupperna, eftersom endast nio spelare undersöktes.

Genomgående var det en spelare som utmärkte sig i skotthastigheten och träffsäkerheten samt de antropometriska mätvärdena, se bilaga B.6 vilket kan bidra till varför korrelationen är missvisande för herrjuniorerna. Argumentet för att skotthastighet och träffsäkerhet inte har något korrelerat samband stöds av att de övriga försöksgrupperna, med betydligt fler deltagare, inte framlägger någon stark koppling mellan de två parametrarna.

Vid analys av försöksgrupperna P08, P04 och herrjunior i åldersuppdelad ordning, går det att urskilja ett ökande samband mellan skotthastighet och särskilda fysiska attribut. Sambandet anspelar på hur förbättrade fysiska förutsättningar kan leda till hårdare skott, vilket är förenligt med tidigare studier kring antaganden om hur kraft i handbollsskott effektivt genereras (Van Den Tillaar & Ettema, 2004). De särskilda fysiska attributen avser underarmslängd, handomkrets och handlängd som samtliga ökar i korrelationsvärde med ålder. Korrelationen för underarmslängd och handlängd gentemot skotthastighet ökar från svagt till medelstarkt samband. Sambandet mellan handomkrets och skotthastighet ökar från svagt negativt till starkt. Ytterligare går det att se en korrelation mellan handbollserfarenhet och skotthastighet för herrspelarna. Sambandet för P08 är svagt negativt för att sedan övergå till medelstarkt för P04 och slutligen påvisa ett starkt samband för herrjuniorer. Därmed är sambandet ökande över de tre åldersklasserna för herrarna, vilket däremot inte är lika övertygande på damsidan.

Vid jämförelse på damsidan finns ett starkt samband mellan erfarenhet och skotthastighet för både F09 och F06/07, samtidigt som damjuniorerna enbart har en nästan obefintlig korrelation för de parametrarna. Sambandet mellan handomkrets och hastighet har en medelstark till stark korrelationskoefficient för F09 och F06/07, medan damjuniorer har en mycket liten positiv korrelation. I yngre åldrar kan sambandet bero på att spelares fysiska utveckling varierar i en högre grad och därför kan handomkretsen ge upphov till en högre skotthastighet då vissa spelare kan ha förmågan att greppa bollen bättre. När spelarna däremot har nått juniorlaget, kan dessa fysiska olikheter ha jämnat ut sig och därmed inte påverka utfallet av skotten i lika hög grad. Det är även värt att nämna klistrets påverkan för greppförmågan. Den låga korrelationen mellan handomkrets och skotthastighet för damjuniorerna kan också bero på att de använder sig av klister, vilket eventuellt möjliggör för spelare med mindre handdimensioner att prestera hårdare skott.

5.1.2 Konfidensintervall

Hur tillförlitlig statistiken är beror på den statistiska signifikansen. De åldersgrupper som har det minsta intervallet för skotthastigheten är P04 på $\pm 3,1$ och P08 med $\pm 3,3$. Den åldersgrupp med störst intervall är herrjuniorerna med $\pm 5,5$.

För träffsäkerheten är det F09, följt av P04, som har det lägsta intervallet på $\pm 0,07$ respektive $\pm 0,08$, vilket kan jämföras med herrjuniorerna som återigen har det största konfidensintervallet på $\pm 0,18$. Vid jämförelse bör därför den informationen tas i beaktning för att förmedla en så representativ helhetsbild som möjligt. De grupper med lägst intervall beträffande skottstatistiken agerar som mest representativt urval i teorin, då ett lägre intervall innefattar högre säkerhet i statistiken.

5.1.3 Felkällor relaterad till skottstatistik

I detta delkapitel analyseras de fel som kan ha uppstått under insamlingen av skottstatistiken. Genomgående är det varierande storlek på testgrupperna, vilket medför att det är svårare att jämföra och dra konkreta slutsatser. Vid försöket för F09 analyserades 23 spelare jämfört med enbart nio spelare för herrjuniorer. Det kan ge ett bristande underlag för att kunna jämföra och dra paralleller mellan olika åldrar och kön. Ett liknande exempel är för P04, som bara är ett år yngre, men har dubbla antalet testpersoner jämfört med herrjuniorerna, vilket resulterar i mer tillförlitliga resultat vad gäller trender för försöksgruppen.

Vid en repetition av skottförsöken hade det varit intressant att undersöka huruvida studien skulle omfatta ett större antal personer med fler skott per person från flera olika föreningar. En mer omfattande studie skulle naturligtvis ge en tydligare bild av alla typer av handbollsspelare.

En potentiellt viktig faktor som inte undersöktes under mätningarna är användandet av klister. Klister erbjuder ett bättre grepp om bollen och ändrar förutsättningarna för hur ett skott genomförs. Hjälpmidlet används frekvent både vid träning och match, men på grund av att spelare i Sverige inte använder klister i tävlingssammanhang förrän vid 15 års ålder (Svenska Handbollförbundet, 2020), utfördes testerna under skilda förhållanden. De äldre spelarna, P04 och juniorer sköt med klister medan de yngre spelarna (F09, P08 och F06/07) sköt utan att använda klister.

Vid de tillfällen där skytten missade måltavlan men träffade skyddsnätet, alternativt missade nätet helt, kan hastighetsmätarna registrerat hastigheten felaktigt, då skottet hamnat utanför mätarnas optimala registreringsfält (Biltema, 2020). Felaktig registrering kan ha resulterat i att de skott som missade måltavlan inte blev korrekt representerade i statistiken. Ytterligare störande moment som kan ha påverkat testmätningarnas autenticitet är att olika typer av stativ användes för mätaren, vilket innebär att vinkeln kan ha varierat mellan testerna. Därmed kan resultaten för skotthastigheten ge en något missvisande bild mellan testomgångarna.

5.1.4 Maxhastighet av skott

Undersökningen av maxhastigheten var ett försök att hitta ett procentintervall där en ökning av träffsäkerhet eventuellt återfinns, i förhållande till spelares maximala skotthastighet. Under studien återfanns enbart data på hälften av testgrupperna då det visade sig att spelare inte sköt hårdare när de ombads att maximera sin skotthastighet utan fokus på att träffa måltavlan. Istället medförde det maximala försöket motsatsen då spelare genomgående sköt långsammare, vilket kan förklaras med den minskade träffsäkerheten på skotten, som medförde att de inte inföll i hastighetsmätarens optimala registreringsfält. Således förkastades ambitionen kring att finna det eventuella intervall som söktes från början.

5.2 Videoanalys

Under kapitlet videoanalys diskuteras de resultat som har arbetats fram under studiens gång. Dessutom diskuteras metoden, samt huruvida saker kopplade till videoanalysens resultat och metod bör genomförts annorlunda. Ytterligare diskuteras fel och problem med resultatet.

5.2.1 Val av metod

Vid testtillfällena var det få försökspersoner som genomförde testerna vilket har en påverkan på resultatet i den aspekt att det blir svårare att dra konkreta slutsatser som representerar verkligheten. Eftersom få personer utförde testet, på endast ett tillfälle per försöksperson, påverkas resultat av spelarens dagsform. Alternativet med utförande av tester på en större mängd försökspersoner vid flertal tillfällen, kunde eventuellt gett ett resultat som avspeglar verkligheten bättre. En notering som uppmärksammades under de yngre spelarens tester var att en stor del av försökspersonerna var nervösa, vilket kan ha påverkat resultatet.

Kamerans bildfrekvens påverkar resultatet, då kamerans förmåga att filma i hög upplösning med hög bildfrekvens visade sig vara för låg. Eftersom handbollsskott sker under en kort tid med en hög hastighet, blev resultatet att armen rörde sig förhållandevis långa sträckor mellan varje bilduppdatering. I kombination med att fem av sex tester utfördes i Rosendalshallen där belysningen var bristfällig, trots komplettering av två stycken byggstrålkastare, medförde det att detekteringen ibland hade svårt att urskilja spelarnas kroppsdelar. Till exempel uppmärksammades att för spelare med långt hår tenderade analysen att bli felaktig när höger arm passerade huvudet i skott rörelsen. Detekteringen för handled och armbåge började vid de tillfällena följa håret under korta intervall. En stor avståndsförändring leder till snabbare positionsförändringar och därigenom ojämn detektering av kroppsdelarnas positioner. De ojämna positionsförändringarna påverkar analysen i både Python och MATLAB.

Algoritmen som användes i Python påverkade mängden av resultat som kunde användas på grund av dess precision och robusthet. Avsaknaden av precision och robusthet orsakades av kvalitén på videoinspelningen då spelarens skott rörelser var för snabba, vilket ledde till att det blev suddiga konturer på kroppsdelar och bollen. Problemet med för snabba rörelser fanns även vid försök med framtagande av bolldetektering. Det gick varken att automatisk eller manuellt identifiera bollens exakta position. Om precisionen och robustheten hade varit högre hade det lett till bättre detektering där fler användbara resultat kunnat erhållas.

För det rörliga koordinatsystemet sattes höftens koordinat som origo för samtliga skott. Om detekteringen av höften i ett skott var felaktig, medförde det att alla beräkningar som utfördes med den rörliga koordinatsystemet blev felaktiga. För att undgå felaktiga beräkningar valdes skott med sådan feldetektering bort i analysen. För skott med en liten feldetektering behövdes mer utjämning med glidande medelvärde användas. När mer utjämning med glidande medelvärde används, kan det medföra en förändring av resultatet i form av att förhållandet mellan kroppsdelar förändras, samt att jämförelse mellan olika kast med användning av olika glidande medelvärde kan bli felaktig. Användningen av glidande medelvärde ger dock ett mer lätttolkat och felkorrigerat resultat. Olika stora

utjämningar testades, och jämfördes med outjämnade resultat, vilket slutligen resulterade i att utjämning valdes att användas. För att erhålla ett resultat som var möjligt att analysera användes därför glidande medelvärde först på positionen, sedan ytterligare en gång på hastigheterna, samt en tredje gång på accelerationen.

Tre försökspersoner från vardera testgrupp valdes att analyseras mer i detalj. Försökspersonerna valdes utefter hur väl de uppnådde de tre kriterierna; skotthastighet som var över lagets medelvärde, skottet träffade måltavlan och en låg feldetektering som förenklade skottanalysen. Eftersom det endast fanns en liten mängd i vissa testgrupper som klarade de tre kriterierna väl valdes endast tre personer från vardera åldersgrupp att analyseras. Om en större mängd försökspersoner genomfört testen kunde det möjligtvis lett till att fler klarat kriterierna väl som i sin tur hade möjliggjort att analys kunde ha utförts på fler försökspersoner. Genom att analysera fler försökspersoner kunde det medfört ett korrektare resultat.

Vid jämförelse mellan en försöksperson och spelare från andra lag rådde skilda förhållanden, vilka kan ha påverkat resultaten. En aspekt som kan ha påverkat resultatet är att testerna utfördes på olika tillfällen vilket medförde att kamerans placering var annorlunda vid respektive tillfälle. En skiftande placering av kameran medför att längdförhållanden skiljer sig mellan de olika testerna. För att minska skillnaden i längd utfördes en mätning vid skottpunkten för att analysera hur lång en meter var i kamerans vy. Måttet på en meter användes sedan för att beräkna längdförhållandet i MATLAB. Ytterligare kan kameran påverka resultatet på tre sätt. Först, påverkar kamerans horisontella vinkel. Om kameran inte positioneras rakt i det horisontella planet blir den x -axiella längden inkorrekt i analysen. Vidare påverkar det om kameran filmar snett mot eller snett från straffpunkten som medför att längdförhållanden blir olika beroende på vilken x -position spelaren befinner sig i. Det tredje problemet är att kameran använder vidvinkel-objektiv (fisheye) som medför skilda längdförhållanden oavsett var spelaren befinner sig i både x - och y -led.

5.2.2 Skottanalys

Resultaten för utvalda spelare analyserades för att finna gemensamma indikationer som bidrar till ett snabbt och träffsäkert skott. Först analyserades juniorerna med antagandet att deras erfarenhet och ålder bidragit till ett mer tekniskt avancerat skott. Genom att hitta gemensamma faktorer hos juniorerna kunde dessa letas efter hos de yngre spelarna.

5.2.2.1 Juniorer

Vid analys av damjuniorernas skott noterades att samtliga tre undersökta spelare har en kontinuerlig positionering av kroppsdelarna. Det vill säga att kroppsdelarnas rörelser kommer i ordning där steg först tas, följt av en samtidig rörelse av handled, armbåge och axel, vilket kan utläsas ur figurerna 4.1–4.3. Samtliga tre spelare fullföljer sina rörelser med höger fot i skottet, men i filmerna för respektive spelare syns det att enbart spelare tre och åtta roterar med höften, medan spelare tio springer igenom skottet utan höftrotation. Höftrotationen bidrar till momentöverföringen, från vridmoment till rörelsemoment när bål原因skulaturen aktiveras och bollen förflyttas från handledpositionen längst bak, till längst fram. Höften bidrar därigenom till att skapa en större hävarm för spelare som roterar med höften och böjer överkroppen framåt. Spelare tio roterar som nämnt inte

med höften och således blir spelarens hävarm kortare och behöver kompenseras med att böja sig mer framåt. På grund av fällningen framåt noteras en högre hastighet för axeln än för spelare tre och åtta, se figurer 4.4–4.6.

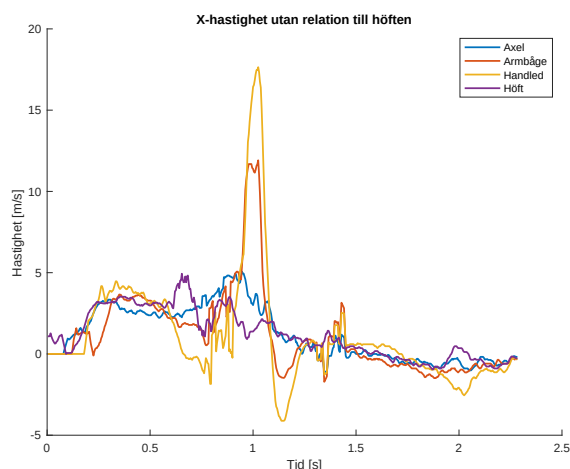


Figure 4.4: Global horisontell hastighet för spelare tre, damjuniorer

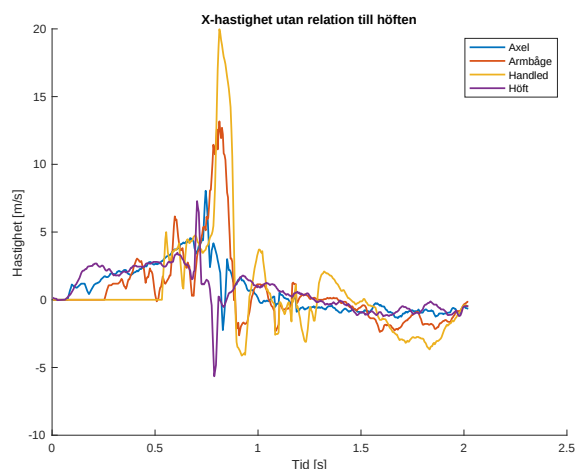


Figure 4.5: Global horisontell hastighet för spelare åtta, damjuniorer

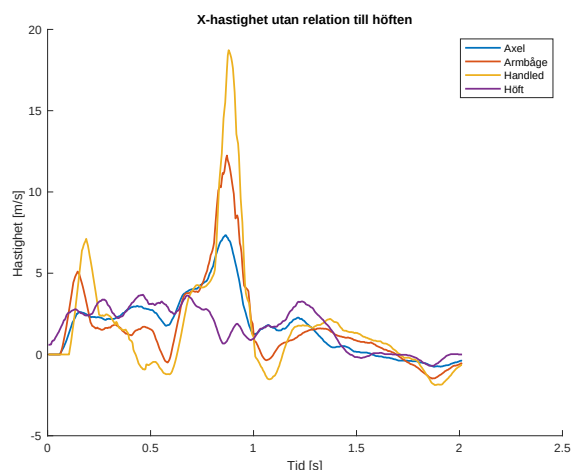


Figure 4.6: Global horisontell hastighet för spelare tio, damjuniorer

Vidare analyserades hastigheterna i figurerna 4.4–4.6 där det framgår att samtliga tre spelare förlorar hastighet i höften i skottögonblicket. Förlusten av höfthastigheten är en indikation på att böjning av överkroppen sker. Spelare tio återupptar höfthastigheten efter skottet, vilket förklarar hur spelaren ”springer” igenom skottet, medan de andra två stannar av efter att skottet har skjutits. I tabell 4.10 jämförs de tre spelarnas kraft i snärtrörelsen, där spelare åtta har en betydligt högre kraft än de andra två spelarna. Spelare åtta skjuter med en hastighet på 87 km/h till skillnad från spelare tre och tio som båda skjuter runt 70 km/h. Den höga snärtkraften har en stor inverkan i skottets hastighet. Snärtens hastighet kan tydas ur figurerna 4.10–4.12. Där syns att spelare åtta lägger till ungefär fem meter per sekund med snärtrörelsen, vilket ytterligare överensstämmer med spelarens höga snärtkraft.

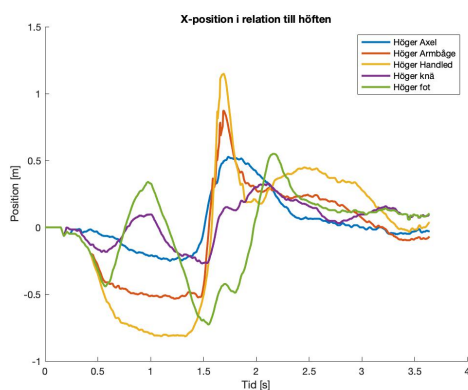
Ur tabell 4.11 där hastighetsbidragen presenteras, utläses att samtliga tre spelare har ett liknande procentuellt bidrag från underarmen. Däremot skiljer överarmens bidrag till

skottet där spelare tio har ett relativt lågt bidrag. Spelare åtta har ett högt bidrag från hela armen, men lågt från bålen och löphastigheten, medan spelare tio istället har ett högt bidrag från bålen och löphastigheten, men ett relativt lågt från hela armen. Det höga bål- och löphastighetsbidraget bevisar att spelare tio inte utnyttjar höftrotationen i samma utsträckning som de andra två spelarna gör.

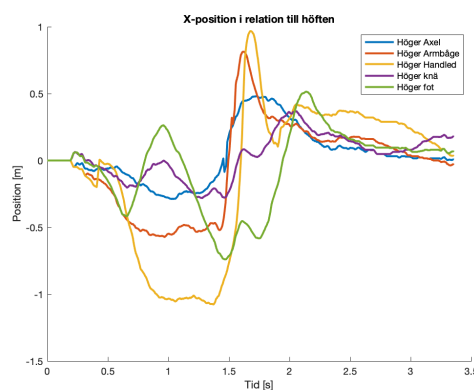
Tabell 4.11: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre spelarna, damjuniorer

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
3	31,0%	39,5%	8,5%	21,0%
8	32,5%	45,0%	7,5%	15,0%
10	34,0%	26,5%	18,5%	21,0%

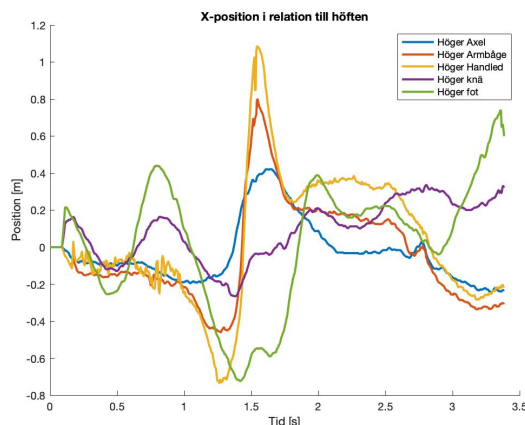
För de tre skotten fördelat på två försökspersoner för herrjuniorerna i figurerna 4.13–4.15 kan det utläsas att spelarnas skott har en likartad positionering av kroppsdelarna med samma ordning som nämnts för damjuniorerna. En likhet mellan spelare ett i herrjuniorerna och spelare åtta i damjuniorerna är att båda böjer sig framåt i kombination med påtaglig höftrotation. De två spelarna har högst skotthastighet i respektive lag, vilket ytterligare indikerar på ett samband mellan att höftens rotation i kombination med synkroniserad fällning av överkroppen ger en längre hävarm och därmed högre skotthastighet. En skillnad som noterades med hjälp av de inspelade filmerna var att herrjuniorerna hade en högre positionering av höger axel än vad damjuniorerna hade. Den högre positioneringen medförde att herrarnas arm sträcktes högre upp än damernas, vilket ger herrarna en längre hävarm som hjälper till att slunga iväg bollen. Axelns hastigheter i figurerna 4.19–4.21 var jämförelsevis låga sett till damernas i figurerna 4.8 och 4.9, vilket tyder på att axelns bidrag till herrarnas skotthastighet är relativt låg. Tabell 4.13 stärker antydandet att herrarna skjuter betydligt mer med underarmen än damerna. Herrarnas procentuella bidrag från handleden till skottet ligger runt 40 %, och som dessutom står för ungefär hälften av hela armens bidrag. Medan damernas underarm står för en något lägre andel av armens bidrag än herrjuniorerna, och 32,5 % av hela skottets bidrag, vilket studeras ur tabell 4.11. Herrarnas bidrag från löphastighet är genomgående relativt låg för samtliga spelare, och det genomsnittliga procentuella hastighetsbidraget är hälften av damernas. Bålens bidrag å andra sidan är generellt sett högre än damernas.



Figur 4.13: Horisontell position för spelare ett skott fyra, herrjuniorer



Figur 4.14: Horisontell position för spelare ett skott sex, herrjuniorer

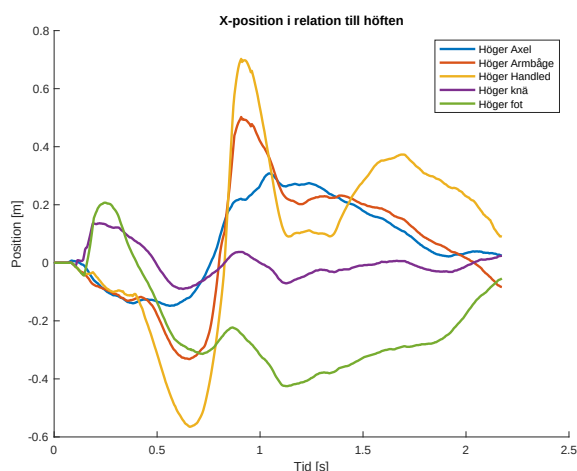


Figur 4.15: Horisontell position för spelare sex skott tre, herrjuniorer

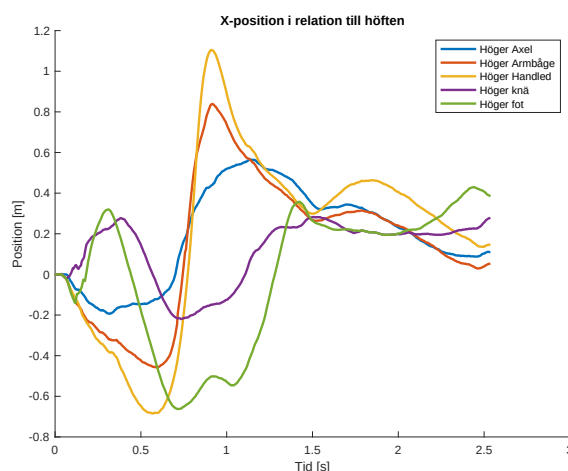
Vid analys av herrarnas snärtrörelse sågs en återkommande hög kraft i tabell 4.12. Liksom för damerna relaterade en hög kraft till ett snabbare skott. Snärtens förhållande till handledens hastighet kan ses i figurerna 4.22–4.24 där snärten bidrar med en hastighet på upp till fem meter per sekund.

5.2.2.2 F06/07 och P04

I figurerna 4.25–4.26 syns att F06/07 handleds- och armbågspositionering liknar både herrarnas och damernas. Notabelt är att axelns position behöver lång tid (cirka en sekund) efter kastet, för spelare fem och åtta, för att återgå till sin normala position. Det vill säga att spelarna åter blir uppräta. I spelare fems film visar det att det beror på en kraftig rotation där axeln rör sig mot vänsterarmen och tar lång tid tillbaka. Axelns x -position för spelare åtta indikerar på att spelaren använder bålen mycket, men tyder också på att balansen förloras efter skottet. Ytterligare noterades att spelare fems högerfot inte fullföljer steget i skottrörelsen vilket medför att spelaren tappar fart och moment i skottet. En liknelse kan ses vid höftrotation och fällning av överkroppen vid jämförelse med juniorerna. Spelare fem roterar höften, men böjer inte överkroppen i skottögonblicket. X -positionen för spelare fems axel är enbart 20 centimeter framför höften i skottögonblicket. Spelare åtta roterade inte höften men böjde sig framåt. Axelns x -position är 50 cm framför höften i skottögonblicket. Spelare nio hade en svag vridning av höften och en svag fällning av överkroppen. Att spelarna hade ett av attributen eller en (svag) kombination av båda kan vara anledningen till att de presterade över eller runt medel av skotthastighet i denna åldersgrupp.



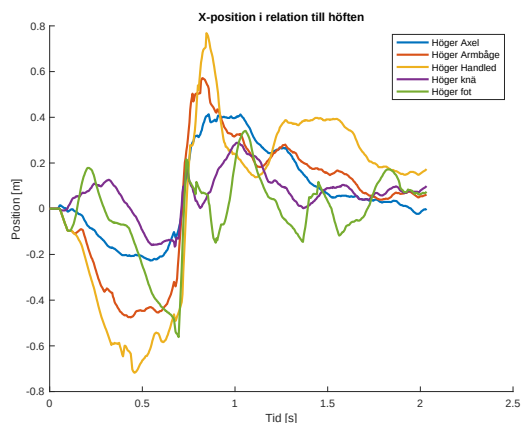
Figur 4.25: Horisontell position för spelare ett, F06/07



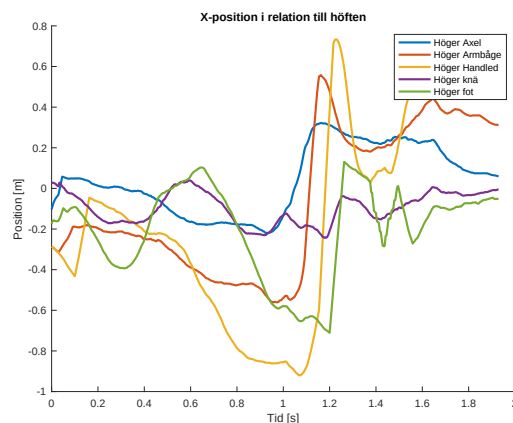
Figur 4.26: Horisontell position för spelare åtta, F06/07

Vid analys av skottens hastigheter ur figurerna 4.28–4.30 och 4.31–4.33 observerades liknande resultat som för juniorerna. Dock avvek spelare fems förhållande mellan handled och axel där underarmen bidrog med en större andel av hastigheten i skottet. Differensen kan tydligt ses i tabell 4.15 där underarmens bidrag var 44,5 %. Notabelt är att spelarna i F06/07 har högt bidrag från underarmen, men har relativt låg snärkraft, se tabell 4.14. Det tyder på att snärten inte används i skotten i samma utsträckning som juniorerna. En skillnad för F06/07:s hastighetsbidrag går att se i löphastigheten, där spelare åtta och nio har runt 20 % bidrag till skotthastigheten, medan spelare fem har 11 %.

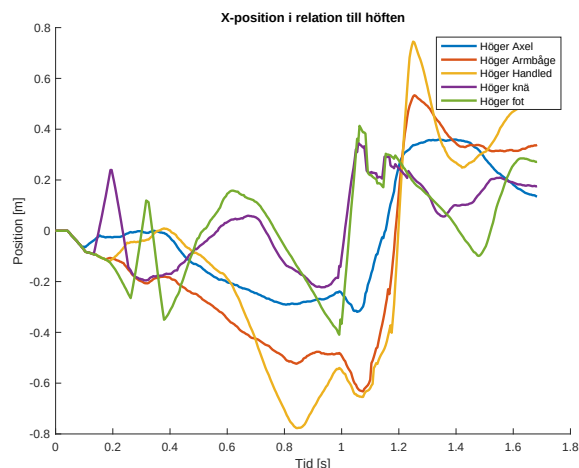
P04:s positioner i figurerna 4.37–4.39 hade stora likheter med herrjuniorernas positionering. En skillnad däremot är i figur 4.39 där spelarens horisontella position för axeln ligger långt framför höftens position under en lång tid. Placeringen framför höften tyder på att spelaren är böjd framåt under en lång tid. Vid beaktning av de andra två spelarna syns en tydlig böjning framåt av överkroppen i skottögonblicket. En ytterligare skillnad för spelare 16 var att handledens position inte är synkroniserad med armbågen, vilket indikerar på att handledens maximala horisontella position uppnås kort efter armbågens. Den osynkroniserade positioneringen är en indikation på att spelaren använder en rak arm jämfört med spelare 14 och 17, vilka har en större böjning av armen.



Figur 4.37: Horisontell position för spelare fjorton, P04



Figur 4.38: Horisontell position för spelare sexton, P04



Figur 4.39: Horisontell position för spelare sjutton, P04

Vid analys av figurerna 4.40–4.42 och 4.43–4.45 erhöles att spelarnas axelhastigheter var relativt låga i jämförelse med handledens och armbågens hastigheter. Vidare kan det ses att armbågens hastighet är relativt hög i förhållande till handleden i jämförelse med juniorernas skott. De hastighetsbidrag som utläses från tabell 4.17 stärker analysen då ett lågt bidrag från underarmen erhöles. Det kan ytterligare utläsas från tabellen att spelare 14 och 16 har ett högt bidrag från bålens. Bålens höga bidrag indikerar på att det är anledningen till att underarmens bidrag är lågt. Spelare 17 stärker sambandet då spelaren har högt bidrag från underarmen och överarmen, men lågt bidrag från bålens vid skott-tillfället. Spelare 17 erhöles en hög snärtekraft, vilket kan läsas i tabell 4.16.

Tabell 4.17: Hastighetsbidrag från underarm, överarm, bål och löphastighet för de tre utvalda spelarna, P04

Hastighetsbidrag				
Spelare	Underarmens bidrag	Överarmens bidrag	Bålens bidrag	Löphastighetens bidrag
14	28.22%	33.33%	23.07%	15.38%
16	27.36%	42.12%	16.84%	13.68%
17	39.47%	39.47%	7.89%	13.17%

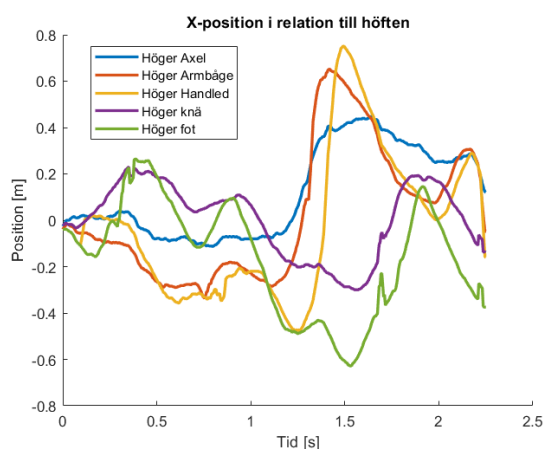
5.2.2.3 F09 och P08

F09-spelarna tenderar att inte använda handledens snärt i samma utsträckning som de äldre spelare vilket framgår av tabell 4.18. Sannolikt beror avsaknaden av snärten på att spelarna inte använder klister på sina bollar, samt har mindre storlek på händerna. De får istället balansera bollen med handen då vissa av spelarna har svårt att greppa bollen då klister inte används. Om F09 och F06/07 i (tabell 4.14) jämförs, syns det tydligt att F09 inte utnyttjar snärtrörelsen i sina kast i samma utsträckning som F06/07. Vidare kan det ur figurerna 4.58–4.60 utläsas hur händernas snärtrörelse bidrar till skottens totala hastigheter. Likt kraften på snärtrörelsen i tabell 4.18 är hastigheten som snärten bidrar med liten. Således kan det konstateras att F09 inte använder snärten när de skjuter.

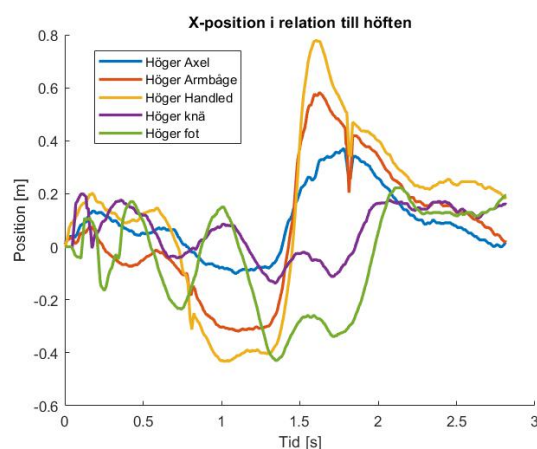
Tabell 4.18: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, F09. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen

Spelare-Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
2-4	11.37	12.25	0.87
8-1	16.14	16.88	0.74
21-5	11.83	12.68	0.85

Ytterligare en skillnad, i F09-spelarnas skott, gentemot flera av de andra lagen är att skottens hastighet korrelerar mot hur hög löphastighet spelaren har i kastögonblicket. Anledningen till det är att F09-spelarna inte har samma muskelbyggnad som äldre spelare i kombination med att de kastar från samma avstånd som de äldre spelarna, och behöver därför hitta hastighet till skotten på andra sätt. Från figur 4.50 och 4.51 framgår det att båda spelarna håller kvar högerfoten när de tar sista steget. Om foten stannar kvar långt bakom resten av kroppen, kommer framåtrörelsen med höften och bålen bromsas upp, därmed bromsas skottrörelsen. Ur figurerna 4.50 och 4.51 kan avsaknaden av höftrotation utläsas då axeln är aktiv under lång tid och befinner sig framför höften. Det tyder på att höften inte roterar med under kastet vilket bidrar till en effektförlust då magmuskulaturen inte kopplas på och en hävarmseffekt uteblir. Hade höften roterat, vilket den gör tydligare i figur 4.49 än för de andra två spelarna, hade det synts i grafen som att axeln är aktiv under kortare tid. Jämfört med spelare sex i herrjuniorerna, figur 4.15.



Figur 4.50: Horisontell position för spelare åtta, F09



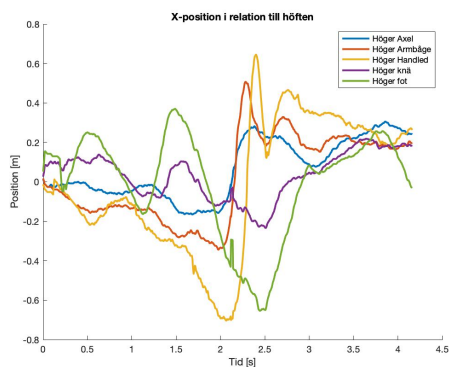
Figur 4.51: Horisontell position för spelare 21, F09

Ur tabell 4.19 framgår att två av tre spelare har lågt bidrag från underarmen, medan spelare 21 har ett bidrag liknande det för de äldre åldersgrupperna. För spelare två, som dessutom använde sig mer av höftrotation, har underarmen en mindre påverkan på skottet gentemot spelare åtta där höftrotationen inte är lika påtaglig. Både spelare två och åtta sköt i 60 km/h, vilket tyder på att spelare åtta antingen hade gynnats ytterligare av att koppla på magmuskulaturen och förlänga hävarmen genom att rotera med höften under skottet. Spelare 21 har ett procentuellt liknande hastighetsbidrag jämfört med juniorerna, men ett långsammare skott än resterande spelare i försöksgruppen. Det långsammare skottet kan förklaras av att spelaren har en låg snärtkraft, se tabell 4.18, och mindre påtaglig höftrotation, samt att spelaren inte fullföljer steget med högerfoten. Vidare kan

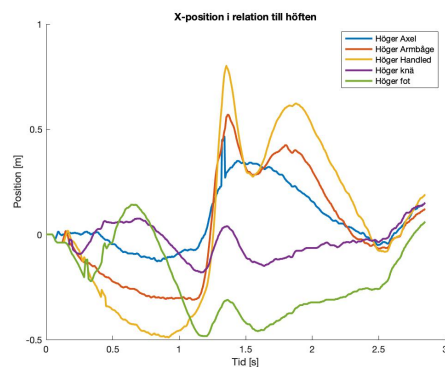
det ses att samtliga spelare har ett högt bidrag från löphastigheten, vilket indikerar på att spelarnas skotthastighet beror till stor del av löphastigheten.

Från jämförelsen med lag i andra åldrar går det att utläsa hur tre av de bästa skyttarna i F09 står sig mot de andra lagen. Ur bilagorna D.40–D.51 och E.40–E.51 konstateras det att samtliga spelare ligger i toppen av det egna laget. Vidare kan det konstateras att F09 och P08 är relativt jämna i skotthastigheten. Spelare i F09 placerar sig i medel eller strax över medelvärdet för P08. Om F09 istället jämförs med F06/07 i bilagorna C.41, C.44 och C.47, samt D.41, E.44 och E.47, konstateras det att spelarna ligger i botten vad gäller hastighet på underarmen och armbågen, med undantag för spelare åtta som ligger runt medelhastigheten för armbågen.

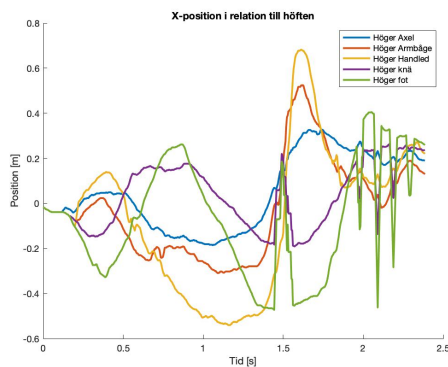
De tre spelarna i P08 skjuter på liknande sätt som spelarna i F09. I figurena 4.63–4.65 framgår att både spelare 5 och 15 stannar av med högerfoten. Figur 4.65 visar en störning i mätdata, för höger knä och höger fot 1,5 sekund in i kastet. Annars ses samma tendens som i figur 4.64. Som för de två spelarna i F09 som stannade av med högerfoten, bromsar det spelarnas skottrörelser. Avsaknaden av höftrotationen tyder på att även detta är ett utvecklingsområde för de två spelarna, 5 och 15. Ytterligare ett tecken på att spelare 1 har en mer påtaglig rotation och aktivering av bålmskulaturen kan utläsas från armbågens x -position i figur 4.63 där armbågen aktiveras först och sedan åtföljs av underarmen/handleden. Jämför spelare 5 och 15 där armbågens och handledens aktivering sker nästan simultant.



Figur 4.63: Horisontell position för spelare ett, P08



Figur 4.64: Horisontell position för spelare fem, P08



Figur 4.65: Horisontell position för spelare 15, P08

För de tre spelarna i F09 är armbågens och handledens hastighet ungefär lika stora medan för spelarna i P08 som har stor variation i hastigheter mellan spelarna och generellt en betydligt högre handledshastighet än armbågshastighet. Det antyder som nämnt tidigare att P08 skjuter mer med handleden/underarmen. Vilket kan ses i tabell 4.20. En orsak till skillnaden kan vara att spelarna har större händer och har lättare att hantera storleken på bollen. Spelarna i P08 har en genomsnittlig handomkrets på 20,67 cm, medan F09 har en genomsnittlig omkrets på 17,5 cm, vilket ses i bilagorna A.1 och A.2. Dessutom sker aktiveringen av armbågen ofta tidigare för P08, då två av tre spelare i F09 aktiverar armbågen samtidigt som handleden. Att armbågen aktiveras samtidigt som handleden kan tyda på att spelaren inte har armbågen bakom sig vilket motverkar en skottrörelse då hävarmen blir kortare.

Till skillnad från F09 skjuter de tre utvalda spelarna i P08, med en mer påtaglig snärt-rörelse. Om tabell 4.20 jämförs med tabell 4.18 framgår att de tre spelarna har större snärtkraft än F09. Skillnaden kan härstamma från att spelarna är ett år äldre och kan därmed ha bättre teknik och mer muskler, men också deras större händer. Om krafterna istället jämförs med herrjuniorerna i tabell 4.20 syns att spelare ett och fem i P08 skjuter med liknande andel snärtkraft som de äldre spelarna. Vidare understryks faktumet att handledens snärtrörelse är mer påtaglig för P08 än F09 av figurerna 4.72–4.74 och 4.58–4.60. Här framgår att P08-spelarnas och F09-spelarnas handleder rör sig med en lägre hastighet än vad bollens uppmätta hastighet visar. Således betyder det att snärtrörelsen är flera meter per sekund snabbare för P08 än för F09. Då topparna i figurerna 4.72–4.74 och 4.58–4.60 inte stämmer helt, på grund av att detekteringen av handleden när skottrörelsen går som snabbast blir något osäker för den exakta hastigheten, tolkas topparna med viss försiktighet.

Tabell 4.20: Skottkraft utan handens snärt, totala kraften och snärtkraften för de tre utvalda spelarna, P08. Kraften uppskattas som medelvärde över hela kaströrelsen

Spelare–Skott	$F_{handled}$ [N]	F_{total} [N]	$F_{snärt}$ [N]
1–5	20.40	26.23	5.83
5–1	15.62	20.36	4.75
15–3	14.56	18.02	3.46

Ur tabell 4.21 konstateras att spelare 1 och 5 skjuter med påtagligt bidrag från underarmen, medan spelare 15 skjuter utan bidrag från underarmen. Likt F09 i tabell 4.19 är bål och löphastigheten hög då spelarna behöver kompensera för sin förhållandevis svagare fysik.

5.2.3 Felkällor för resultat

Fel som kan ha introducerats i analysen är bland annat numeriska fel vid beräkning av acceleration. Felen medför att kraften under skottrörelsen behövde beräknas med en alternativ metod. Den alternativa metoden medförde att kraften endast kunde beräknas som medelkraft för hela skottet. Den ska därför betraktas som en approximation. Resultatet vad gäller acceleration och kraft bör därför endast tolkas som indikatorer för när acceleration sker, och för förhållanden mellan krafter. De numeriska värdena bör inte användas i vidare beräkningar eller betraktas som exakta resultat. Vidare utfördes testen vid olika tillfällen vilket kan ge systematiska avvikelser. Jämförelser mellan grupper bör därför ses som indikatorer och inte exakta värden.

5.3 Elektromyografi

I delkapitlet diskuteras de redovisade resultaten och felkällor under mätning och datahantering av elektromyografin.

5.3.1 Analys av EMG-mätning

Som tidigare nämnt går det inte att jämför magnituden på topparna för respektive spelare, utan enbart huruvida muskeln aktiveras eller ej under skottrörelsen. Vid jämförelsen mellan bicepsmuskeln i figur 4.80 för spelare F06/07 och herrjunior har framförallt spelare F06/07 en tydligt topp innan bollen lämnar handen vilket kan innebära att bicepsmuskeln används vid skottrörelsen. Herrjuniorerna har en aktivitet i början av kastet vilket indikerar att bicepsmuskeln används för att lyfta upp bollen till det bakre läget i skottrörelsen. Efter att bollen har lämnat handen har båda spelare en topp som indikerar att muskeln aktiveras för inbromsning av armen.

I figur 4.81 toppar spelare F06/07 sin muskelaktivitet då bollen lämnar handen samtidigt som spelaren i herrjuniorerna befinner sig mitt i en påbörjad muskelaktivitet. I tidigare läge då herrjunior drar tillbaka bollen aktiveras tricepsmuskeln för att sedan avlastas, varefter den aktiveras igen i början av skottögonblicket och toppar efter att bollen har lämnat handen. De båda skyttarna har likartade kurvor för aktivering av tricepsmuskeln, men F06/07 har en förskjutning sett till när bollen lämnar handen. Den stora skillnaden är att spelare F06/07 har en muskelaktivitet för tricepsmuskeln då bollen lämnar handen samtidigt som spelare herrjunior har sin topp senare vid inbromsningen. Således utnyttjar F06/07 tricepsmuskeln mer i sitt kast än vad herrjuniorerna gör.

Från figur 4.82 framgår att båda skyttarna har en aktivitet i trapeziusmuskeln innan skottögonblicket då bollen placeras bakom huvudet och armen är sträckt bakåt. Spelare F06/07 har en avtagande aktivitet då bollen lämnar handen samtidigt som herrjuniorerna har en ökande kurva. Därmed kan det tolkas som att herrjuniorerna använder trapeziusmuskeln i själva skottrörelsen medan spelare F06 använder muskeln i början av skottrörelsen.

I signalerna från brachioradialis syns en markant skillnad i aktivering sett ur figur 4.83, där spelare F06/07 har en mer frekvent aktivering. Förklaringen till den högre frekventa signalen kan vara att elektroderna förlorat kontakten. Sett till övriga grafer i bilaga E för spelare F06/07 utnyttjas inte brachioradialismuskeln under skottögonblicket utan istället vid inbromsningen av armens hastighet. Resultatet kan även hänvisas till att herrjuniorerna

använde sig av klister på bollen och således inte behövde aktivera muskeln innan den behövdes vid skottrörelsen. Vid själva skottögonblicket har båda spelare en avtagande muskelaktivitet vilket innebär att de har likartade kurvor då bollen lämnat handen.

5.3.2 Felkällor för EMG-resultat

Som tidigare nämnt har placeringen av elektroderna på musklerna en väsentlig inverkan på de uppmätta resultaten. Vid användning av sEMG kan störningar fås av att både utrustning och närliggande muskler, som inte är avsedda att undersökas, skickar ut elektriska signaler som påverkar resultatet. Eftersom sEMG skiljer sig från nEMG på det sätt att elektroderna inte ligger i direkt kontakt med musklerna, mäter elektroderna även eventuellt aktiviteten i underliggande muskler och kan därmed få svårigheter i att isolera aktiviteten till i avsedd muskel. Eftersom kandidatarbetsgruppen inte är experter inom området, är det definitivt en faktor som bör ifrågasättas.

Vid EMG studier bör resultat utförda på samma individ under en längre tidsperiod inte jämföras, då information kan fluktuera från dag till dag samt bero på studieobjektets dagsform. Mer ingående betyder det att individens fysikaliska tillstånd varierar dagligen, och resultatet kanske inte alstras under konsekventa förutsättningar. Av samma anledning går det inte heller att jämföra resultat utförda på olika individer, då varierande fysikaliska förutsättningar förhindrar jämförelsen, gällande magnituden på utslaget, mellan testpersonerna. Jämförelsen som har utförts mellan spelare F06/07 och herrjuniorerna bör därför inte jämföras i storlek på amplitud utan endast i tid, när muskler aktiveras.

Eftersom de mätningar som utfördes med hjälp av sEMG visade sig vara tidskrävande, begränsades studien till två spelare. Det säkerställdes att de individer som deltog hade varierande spelarerfarenhet och ålder, med målsättningen att det uppmätta resultatet skulle återspegla skillnader i skotteknik. Det går emellertid inte att frångå det faktum att endast två försökspersoner är ett bristfälligt underlag att basera några slutsatser på. Resultatet ska därför inte betraktas som generellt för åldersgrupperna eller för spelare med likartad erfarenhet. Däremot visar studien på att denna typ av mätningar är möjliga och kan användas för att ge ytterligare kunskap om handbollsspelares skotteknik.

6

Slutsatser

Studien har undersökt följande frågeställningar “Hur ser korrelationen ut mellan spelares antropometriska mått, ålder, träffsäkerheten och skotthastigheten?”, “Hur varierar och utvecklas skottekniken mellan åldersgrupper för ungdomsspelare?”, “Var i skottrörelsen appliceras kraften och hur stor är den?”, “Finns det genomgående kännetecken för spelare som skjuter hårda skott?” och “Hur aktiveras de relevanta musklerna i ett handbollsskott?”. Frågeställningarna har besvarats genom analys och diskussion av resultaten som erhållits. Studien som genomförts kan användas som riktlinjer för hur ett avstämt handbollsskott bör utföras för att erhålla en hög träffsäkerhet och skotthastighet.

6.1 Skottstatistik

Enligt beräkningar av korrelationen kan enbart ett medelstarkt samband för skotthastighet och träffsäkerhet påvisas för herrjuniorerna. Sambandet indikerar att ju hårdare dessa spelare skjuter, desto träffsäkrare tenderar de att vara. Genomgående finns det svaga till medelstarka samband mellan längd, vikt, armlängd och skotthastighet på herrsidan. Korrelationen mellan spelarerfarenhet och skotthastighet ökar med ålder då sambandet för P08 är svagt negativt för att sedan övergå till medelstarkt för P04 och slutligen påvisa ett starkt samband för herrjuniorer. Därmed är sambandet ökande över de tre åldersklasserna för herrarna.

På damsidan visar det sig att handomkrets och erfarenhet har ett medelstarkt till starkt samband med skotthastighet för F09 och F06/07. Vilket kan hänvisas till att greppstyrkan har en större påverkan i yngre åldrar tills spelare har vuxit till en viss nivå då greppstyrkan inte spelar roll.

Övriga korrelationer för antropometriska mått fluktuerar för mycket mellan åldersgrupper för att konkreta slutsatser ska kunna dras. En rekommendation för ytterligare undersökning är att använda ett större testunderlag än de 90 deltagare som studerats i denna studie.

6.2 Videoanalys

Genomgående visar det sig att de äldre spelarna, juniorer och P04, utnyttjar rotationen i höften för att skapa vridmoment, i kombination med att fälla överkroppen för att maximera längden på hävarmen. En högre positionering av skottarmens axel medför att armen sträcks högre upp och resulterar i en längre hävarm som hjälper till att slunga iväg bollen med högre hastighet. Dessutom fullföljer spelarnas fötter rörelsen igenom skottet

och bromsar därmed inte skottrörelsen. Vidare konstateras att storleken på kraften i handens snärtrörelse påverkar hastigheten på skotten. En högre snärtkraft resulterade i ett snabbare skott och en lägre snärtkraft i ett långsammare skott.

F06/07 visar liknande tendenser som de äldre spelarna, men här varierar det mer från spelare till spelare vad de använder sig av för teknik. I flera fall använder de sig antingen av rotation av höften, eller av fällning framåt för att skapa kraft för skottet. Kombinationen av båda används sällan.

F09 och P08 utnyttjar främst löphastigheten för att skapa kraft och hastighet till skottet. Det är vanligt förekommande att spelarna stannar av med den bakre foten. Därmed bromsas farten framåt i skottrörelsen. Spelarna i F09 behöver balansera bollen i handen mer än vad de äldre spelarna behöver och har således svårt att utnyttja en snärtrörelse.

Hastighetsbidragen är som störst från armen vilket indikerar på att den mesta kraften i skottrörelsen genereras i armen. Faktorer som höftrotation och fällning framåt hjälper spelarna att skapa ett vridmoment och en hastighet på överkroppen som överförs till bollen genom armen. Dessutom står snärten för en betydande del av totalkraften i skotten för de spelare som skjuter bäst; mellan 10 och 20 % för de tre äldsta lagen i studien.

6.3 Elektromyografi

Från studien av muskelaktivering går det att konstatera att försökspersonerna aktiverar musklerna i olika segment under skottsekvensen. Om de samlade resultaten beaktas, framgår det att spelare F06/07 använder sig av bicepsmuskeln vid skottögonblicket till skillnad från herrjuniorerna. Vid skottsekvensen skiljer sig användandet av tricepsmuskeln då herrjuniorerna enbart aktiverar muskeln innan skottet samt vid inbromsning. Spelare F06/07 använder däremot muskeln i skottmomentet och därefter vid inbromsningen. Trapeziusmuskeln används likartat för spelarna. Skillnaden i aktivitet för brachioradialismuskeln hänvisas dels till klisteranvändning för herrjuniorerna och dels till att elektroderna på spelare F06/07 eventuellt lossnat.

Det konstateras av muskelaktiveringen för brachioradialismuskeln att herrjuniorerna utnyttjar snärtrörelsen betydligt mer än spelare F06/07. Argumentet stöds av det faktum att herrjuniorernas graf för brachioradialis har en tydligt topp där muskeln aktiveras maximalt, samtidigt som spelaren från F06/07 inte har dessa fysiska förutsättningar eller använder sig av klister. Därmed kan slutsatsen dras att F06/07 inte skjuter med snärtrörelse i samma utsträckning som herrjuniorerna.

För framtida studier rekommenderas att fler muskler, framförallt i överkroppen, tas i beaktande vid utförande av EMG-mätning. Dessa muskler är dock svåra att mäta utan vidare kunskap om muskelsammansättning. Dessutom bör en MVC göras på deltagarna för att uppskatta det procentuella utnyttjandet av musklerna i skotten. Till sist rekommenderas även att studien utförs på fler testpersoner för att producera ett mer tillförlitligt resultat, där slumpens inverkan är mindre.

Litteraturförteckning

- Behnke, R. S., Glad, A. & McAlexander, J. M. (2008). *Anatomi för idrotten: fakta om rörelseapparaten*. SISU idrottsböcker.
- Biltema. (2020). *Manual för art. 45-7851*. Hämtad från https://www.biltema.se/BiltemaDocuments/Manuals/45-7851_man.pdf
- Bruckner, P. m. fl. (2012). *Bruckner & Khan's clinical sports medicine*. McGraw-Hill North Ryde.
- Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S.-E. & Sheikh, Y. (2019). Openpose: realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 43(1), 172–186.
- Gorostiaga, E., Granados, C., Ibanez, J. & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International journal of sports medicine*, 26(03), 225–232.
- Handbollsskola, del 3: Skott med mässing. (2019). Handbollslandslaget. Hämtad från <https://www.youtube.com/watch?v=mDWRJJOVvPM>
- Hansson, A. & Olofsson, E. (2011). *Mätning av maximal elektromyografisk aktivitet i m. gastrocnemius*.
- International Olympic Committee. (2016). *8 things you didn't know about handball*. Hämtad från <https://web.archive.org/web/20180823110050/https://www.olympic.org/athlete365/news/8-things-you-didnt-know-about-handball/>
- Iskakov, K., Burkov, E., Lempitsky, V. & Malkov, Y. (2019). Learnable triangulation of human pose. I *International conference on computer vision (iccv)*.
- Karandikar, N. & Vargas, O. O. O. (2011). Kinetic chains: a review of the concept and its clinical applications. *PM&R*, 3(8), 739–745.
- Karišik, S., Božić, D. & Tirić, T. (2018). Influence of ball resin to shot accuracy in handball. *European Journal of Physical Education and Sport Science*.
- Kelly, B. T., Backus, S. I., Warren, R. F. & Williams, R. J. (2002). Electromyographic analysis and phase definition of the overhead football throw. *The American journal of sports medicine*, 30(6), 837–844.
- Kibler, W. B., Wilkes, T. & Sciascia, A. (2013). Mechanics and pathomechanics in the overhead athlete. *Clinics in sports medicine*, 32(4), 637–651.
- Laerd statistics. (2021). Laerd Statistics. Hämtad från <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/pearson-correlation-coefficient-statistical-guide.php>
- Lin, T., Maire, M., Belongie, S. J., Bourdev, L. D., Girshick, R. B., Hays, J., ... Zitnick, C. L. (2014). Microsoft COCO: common objects in context. *CoRR*, abs/1405.0312. Hämtad från <http://arxiv.org/abs/1405.0312>
- Medcalc. (2021). MedCalc. Hämtad från <https://www.medcalc.org/manual/values-of-the-normal-distribution.php>
- Milton, J. & Arnold, J. C. (2003). *Introduction to probability and statistics*.

- Riksidrottsförbundet. (2020). *Idrotten i siffror*. Hämtad från <https://www.rf.se/globalassets/riksidrottsforbundet/nya-dokument/nya-dokumentbanken/idrottsrorelsen-i-siffror/2020-idrotten-i-siffror---rf.pdf?w=900&h=900>
- Sciascia, A. & Cromwell, R. (2012). Kinetic chain rehabilitation: a theoretical framework. *Rehabilitation research and practice*, 2012.
- Svenska Handbollförbundet. (2020). *Tävlingsbestämmelser för barn och ungdom*. Hämtad från <https://www.svenskhandboll.se/globalassets/svenska-handbollforbundet-tavling2/dokument/tavlingsbestammelser/tb-2020-2021-hela.pdf>
- Terry, G. C. & Chopp, T. M. (2000). Functional anatomy of the shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 248.
- Van Den Tillaar, R. & Ettema, G. (2004). A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *Journal of sports science & medicine*, 3(4), 211.
- Wagner, H., Klous, M. & Müller, E. (2006). Kinematics of the upward jumping throw in handball-comperison of players with different level of performance. I *Isbs-conference proceedings archive*.
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P. & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 73.

A

Tillfällen under ett avstämt skott



Figur A.1: Spelaren börjar rörelsen framåt men positionen av bollen är längst bak, t_{start}



Figur A.2: Spelaren är långt fram med bollen i skottrörelsen och börjar släppa bollen i skottrörelsen, $t_{\text{släpp}}$



Figur A.3: Spelaren har släppt bollen i skottrörelsen, $t_{\text{uppmätt}}$

B

Antropometri & spelaregenskaper

Tabell B.1: F09

Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Hand	Erfarenhet
1	156.5	N/A	51	23	17	16.5	N/A	H	5
2	164.5	N/A	53	24	18.5	16	N/A	H	5
3	162	N/A	50	23	19	17	N/A	H	3
4	154	N/A	48	23	17.5	16	N/A	H	1
5	151	N/A	49	23	17.5	16	N/A	H	4
6	158.5	N/A	49	22.5	18	16.5	N/A	H	5
7	153	N/A	50	25	17	17	N/A	H	5
8	158.5	N/A	49	24.5	17.5	16	N/A	H	5
9	153.5	N/A	50	23	17.5	16	N/A	V	6
10	145.5	N/A	47	21.5	16	16	N/A	V	1
11	148	N/A	50	23	18	17	N/A	H	3
12	154	N/A	50	22.5	16.5	16	N/A	H	5
13	167.5	N/A	54.5	22	18	17.5	N/A	H	5
14	153.5	N/A	51.5	24.5	17	16	N/A	H	1
15	162.5	N/A	52.5	22.5	18.5	17	N/A	H	1
16	173.5	N/A	54	24.5	20	18	N/A	H	5
17	166.5	N/A	54	26.5	20	18.5	N/A	H	5
18	162.5	N/A	52	23.5	18	18	N/A	H	5
19	157.5	N/A	52.5	24.5	18	16.5	N/A	H	5
20	160	N/A	52	23	19	17	N/A	H	5
21	161	N/A	51	24	17.5	16	N/A	H	4
22	150	N/A	47	23	16	15.5	N/A	H	1
23	156	N/A	53	25.5	18	16	N/A	H	5

Tabell B.2: P08

Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Hand	Erfarenhet
1	174	58	56	27	22	20	V9	H	3
2	172	65	57	26	21	18	M6	H	6
3	161	57.7	54	24	20	18	H6/V6	H	4
4	160	47.3	51	23	20	18	V6	H	4
5	168	51.8	55	24	20	17	M9	H	7
6	162	48.4	53	23	20	18	M9	H	5,5
7	166	61	56	26	22	18	M6	H	5
8	183	82	67	30	21	21	H9	V	2,5
9	179	75	61	29	23	20	M6	H	3
10	159	41.4	54	23	19	17	M9/V6	H	5
11	168	43.5	55	25	18	17	V9	H	7
12	177	60.5	61	28	21	19	V9	H	5
13	153	37.9	50	22	17	16	V6/H6	H	3
14	167	46.4	56	24	20	18	MV	H	8
15	155	42.3	51	22	20	18	MV	H	3
16	163	59.6	57	25	19	18	H9	H	3

Tabell B.3: F06/F07

Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Hand	Erfarenhet
1	170	53.7	53	25	19.5	16	M6	H	4
2	172	64.6	58	26	19.3	17.5	H9	H	5
3	176	59.5	57	27	18.5	17	V6	H	6,5
4	172.5	59.5	53	26	19	16.5	M9	H	6,5
5	165.5	56.3	53	24	19.3	17.2	M6	H	3,5
6	166.5	62.7	53.5	25	20.5	18	V9	H	6,5
7	169	57.3	54.5	25.5	20.3	18	V9/H9	H	3,5
8	168	54.2	54	26	19	18	V9/H9	H	3,5
9	169	54.2	53	25.5	20	18.2	V9/H9	H	4
10	170	54	54	25.5	19	17.5	MV	H	6,5
11	168.5	-	52.5	25.5	20	18.5	M9	H	6,5
12	174	58	57	25	18	18		H	6,5
13	163	56	56	24	19	17		H	1

Tabell B.4: P04

Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Erfarenhet
1	183	95	58	26	23	20,5	M9	10
2	191	90	60	28	20	19	M9	11
3	197	83	64,5	30	23	20	V9/M9	9
4	184	84	59	26	21	19	M6	11
5	196	95	62	31	22	19,5	M6	11
6	187	94	58	27	21	19	M9/V9	13
7	187	99	60	27	21	20	H9	13
8	183	67	56	26	20	19	V6	10
9	183	75	55	26	21	20	H6	9
10	170	62	51	24	20	18	V6	11
11	195	82	63	30	21	19	MV	10
12	182	75	58	25,5	21	19	M9	3
13	178	83	56	25	20	18,5	MV	6
14	175	64	55	26,5	21	18	V6/H6	6
15	185	69	59	27,5	21,5	20	M9/V9	14
16	183	80	60	27	21,5	19,5	MV	10
17	185	80	59,5	28,5	21	20	M6	4
18	174	66.6	55	27	19	18,5	H6	7

Tabell B.5: Damjuniorer

Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Hand	Erfarenhet
1	170	N/A	55	25	20	18	M9	H	10
2	182	74	56	26	20	19	V6	H	10
3	156	62	49	24	16	19	MV	H	10
4	178	64	60	26,5	19,5	19	V9	H	12
5	170	91	56	26	22	18,5	MV	H	6
6	166	59	54	25,5	17,5	19	M9	H	7
7	182	86	61,5	26,5	19,5	19	M6	H	10
8	172	74	60	26	20	19	9	H	8
9	177	68	60	26	19	19,5	H9	H	11
10	173	66	58	24,5	19	18	V9	H	9
11	174	67	59	22	21	19,5	M6	H	7

Tabell B.6: Herrjuniorer

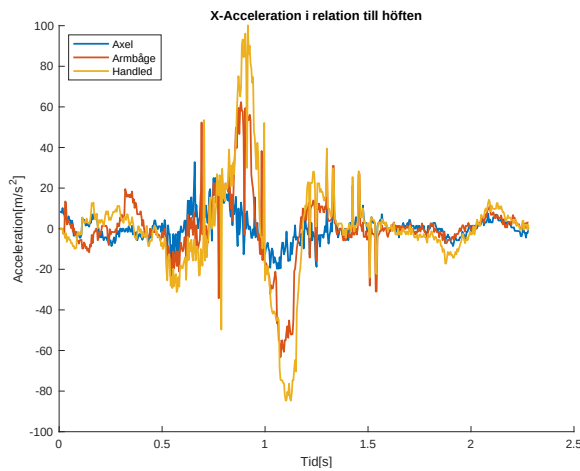
Spelare	Längd (cm)	Vikt (kg)	Armlängd (cm)	Underarm (cm)	Handomkrets (cm)	Handlängd (cm)	Position	Hand	Erfarenhet
1	197	102	71	43	24	21	V9	H	10
2	190	87	63	24	23	19	9	H	11
3	187	75	59	26	21	20	V6	H	10
4	185	79	63	25	19.5	19	V6	H	10
5	183	77	62	25	21.5	19.5	H6	V	9
6	195	77	64	26	22	20.5	M6	H	10
7	186	86	61	25.5	21.5	18	M6	H	10
8	196	83	68	26.5	22.5	19.5	V9	H	9
9	191	89	64	26.5	21	18.5	M9	H	9

Tabell B.7: Maxhastighet för åldersgrupper i km/h

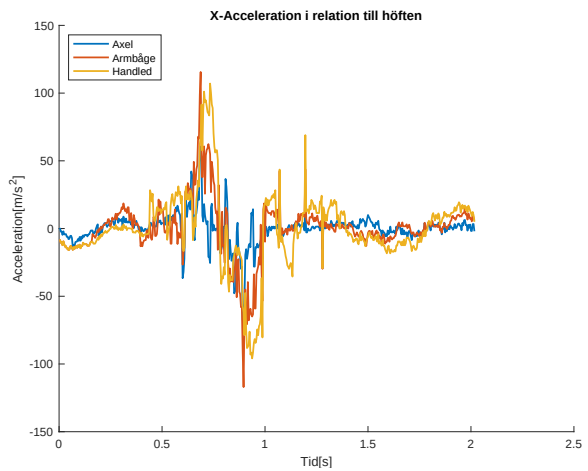
Nr	F09	P08	F06/07	P04	Damjuniorer	Herrjuniorer
1	48	83	N/A	N/A	N/A	109
2	57	65	N/A	N/A	N/A	94
3	64	69	N/A	N/A	N/A	91
4	55	66	N/A	N/A	N/A	103
5	54	81	N/A	N/A	N/A	78
6	47	69	N/A	N/A	N/A	92
7	65	72	N/A	N/A	N/A	93
8	60	75	N/A	N/A	N/A	89
9	62	81	N/A	N/A	N/A	92
10	33	71	N/A	N/A	N/A	
11	53	62	N/A	N/A		
12	52	68	N/A	N/A		
13	62	57		N/A		
14	46	61		N/A		
15	48	61		N/A		
16	68	78		N/A		
17	71			N/A		
18	56					
19	54					
20	45					
21	57					
22	43					
23	49					

C

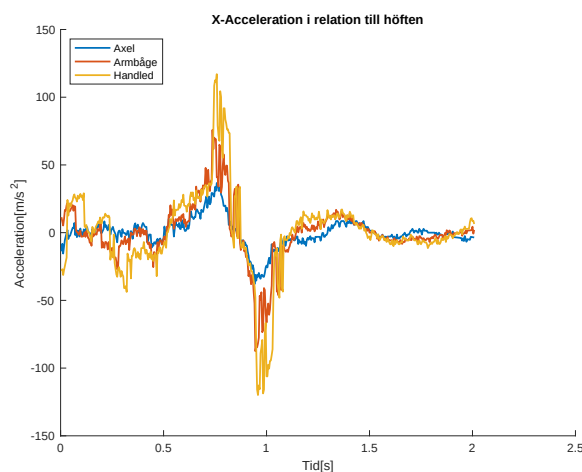
Resultat: Acceleration & Hastighetbidrag



Figur C.1: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare tre, damjuniorer



Figur C.2: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare åtta, damjuniorer



Figur C.3: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare tio, damjuniorer

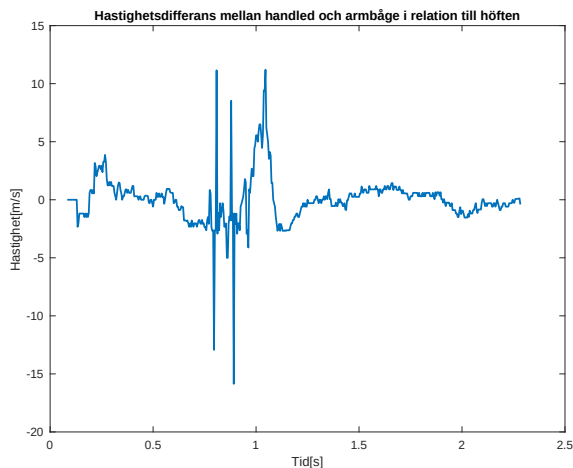


Figure C.4: Underarmens relativa hastighet för spelare tre, damjuniorer

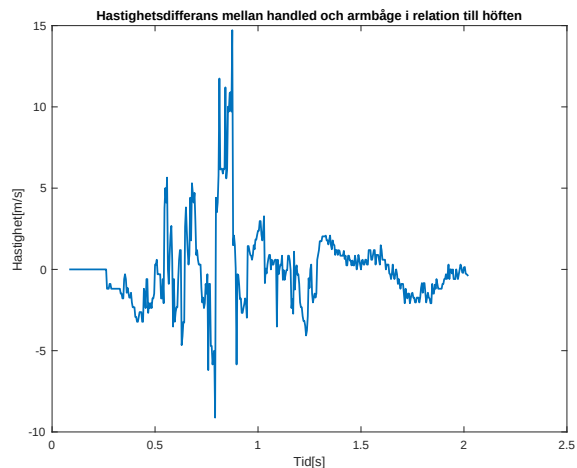


Figure C.5: Underarmens relativa hastighet för spelare åtta, damjuniorer

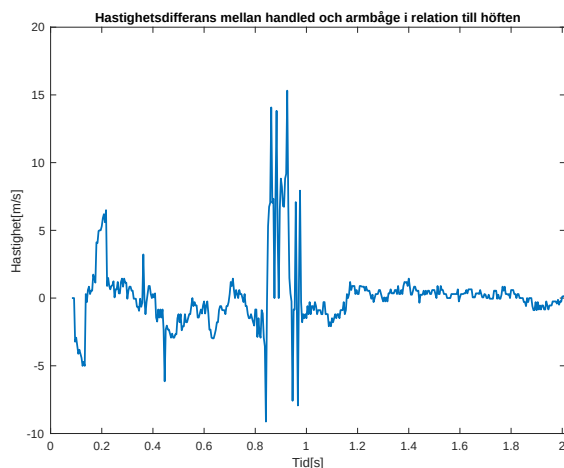


Figure C.6: Underarmens relativa hastighet för spelare tio, damjuniorer

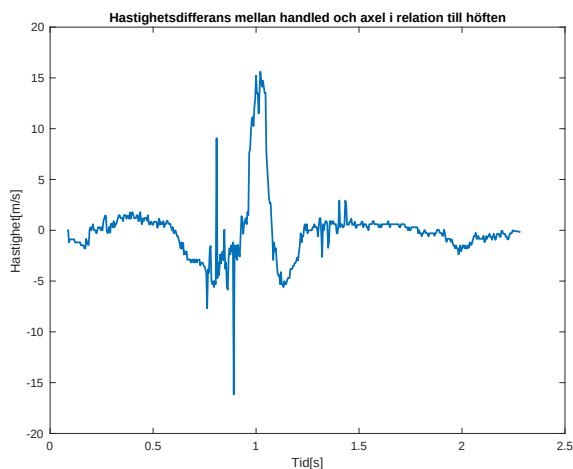


Figure C.7: Armbågens relativa hastighet för spelare tre, damjuniorer

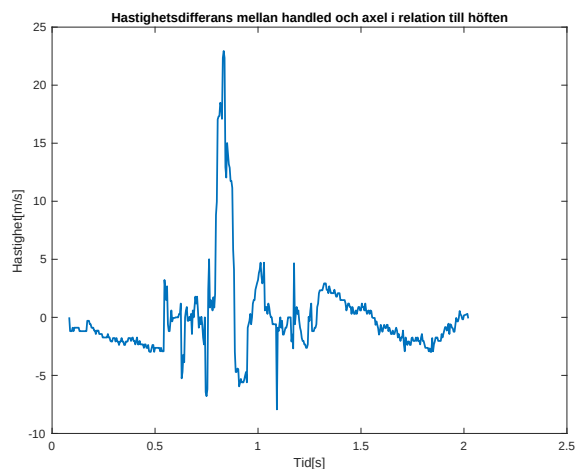
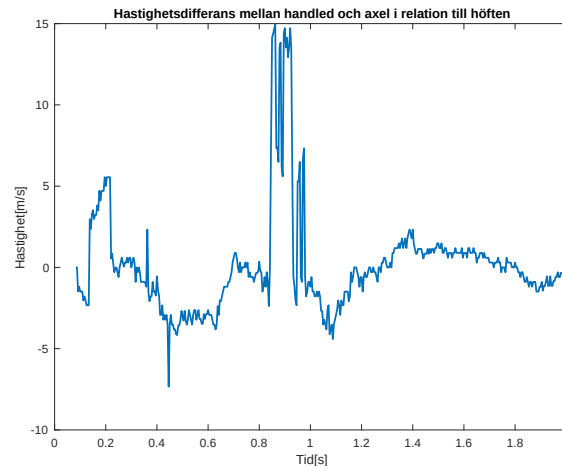
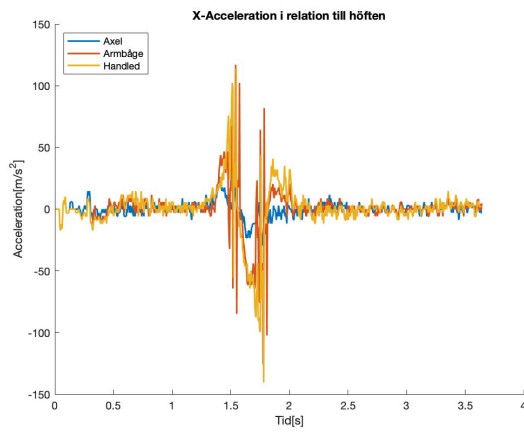


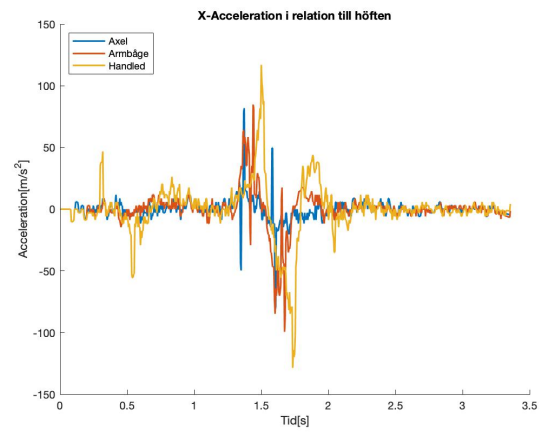
Figure C.8: Armbågens relativa hastighet för spelare åtta, damjuniorer



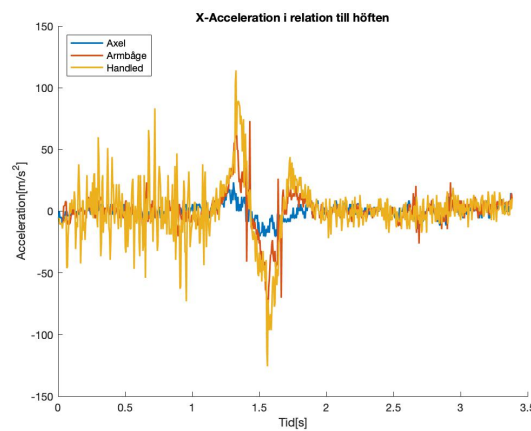
Figur C.9: Armbågens relativa hastighet för spelare tio, damjuniorer



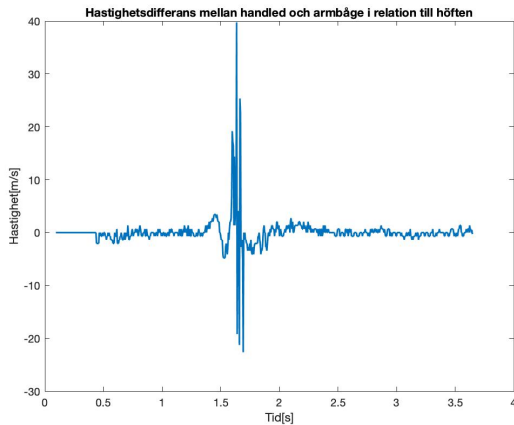
Figur C.10: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare ett, kast fyra, herrjuniorer



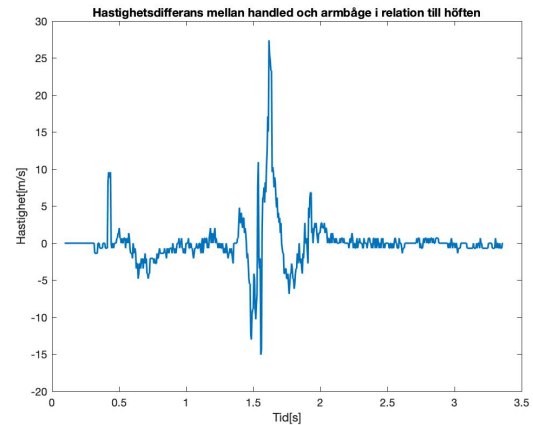
Figur C.11: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare ett, kast sex, herrjuniorer



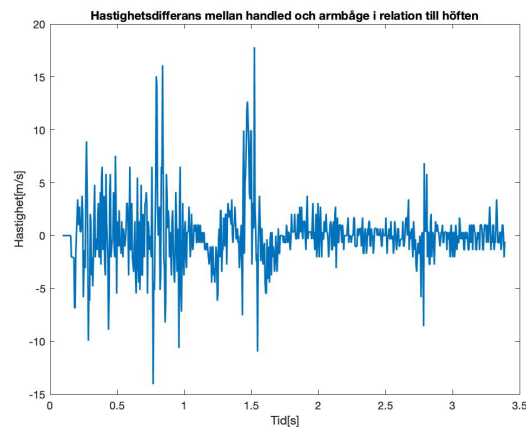
Figur C.12: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare sex, herrjuniorer



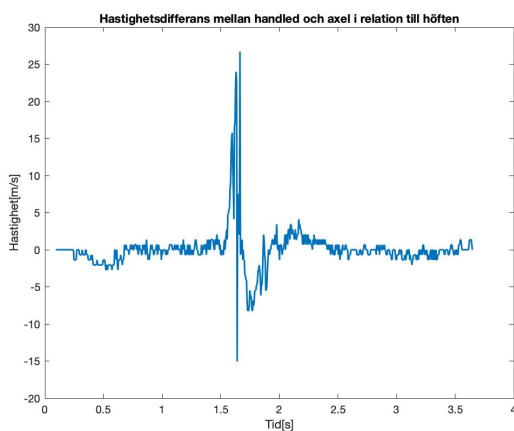
Figur C.13: Underarmens relativa hastighet för spelare ett, kast fyra, herrjuniorer



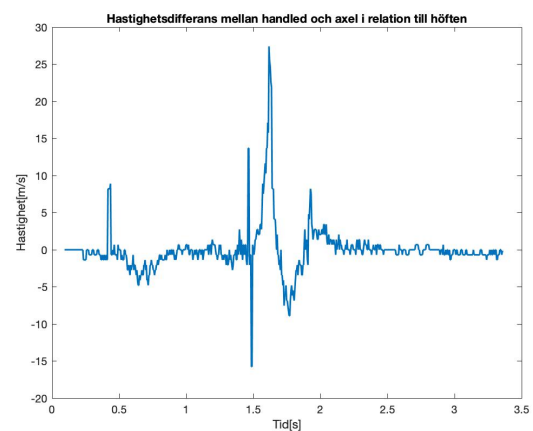
Figur C.14: Underarmens relativa hastighet för spelare ett, kast sex, herrjuniorer



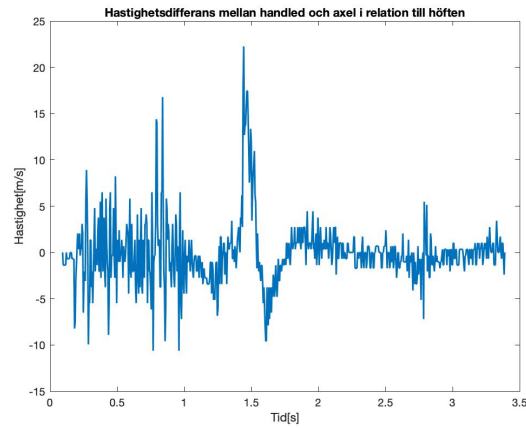
Figur C.15: Underarmens relativa hastighet för spelare sex, herrjuniorer



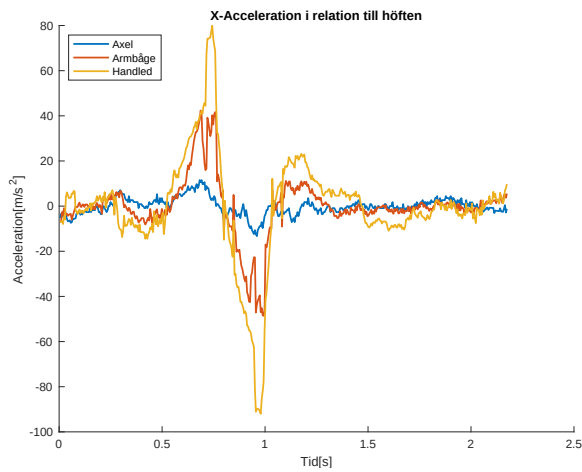
Figur C.16: Armbågens relativa hastighet för spelare ett, kast fyra, herrjuniorer



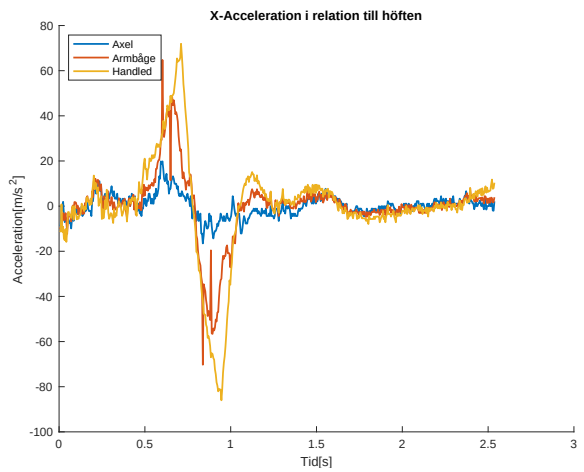
Figur C.17: Armbågens relativa hastighet för spelare ett, kast sex, herrjuniorer



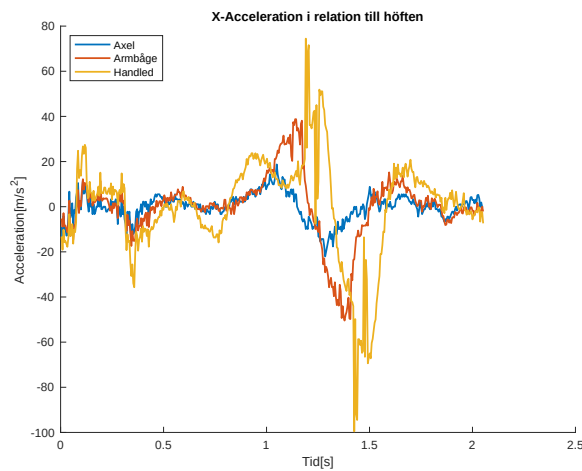
Figur C.18: Armbågens relativa hastighet för spelare sex, herrjuniorer



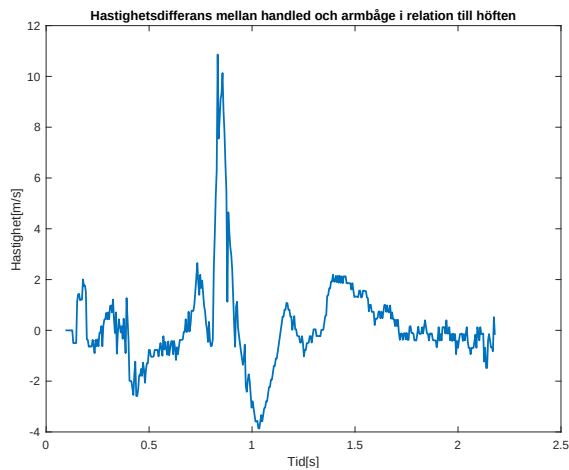
Figur C.19: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare fem, F06/07



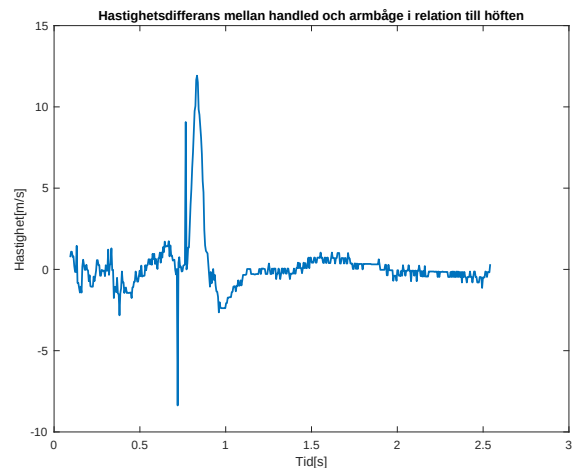
Figur C.20: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare åtta, F06/07



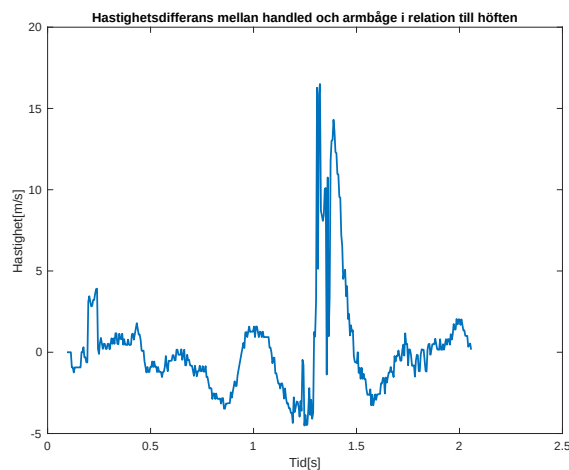
Figur C.21: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare nio, F06/07



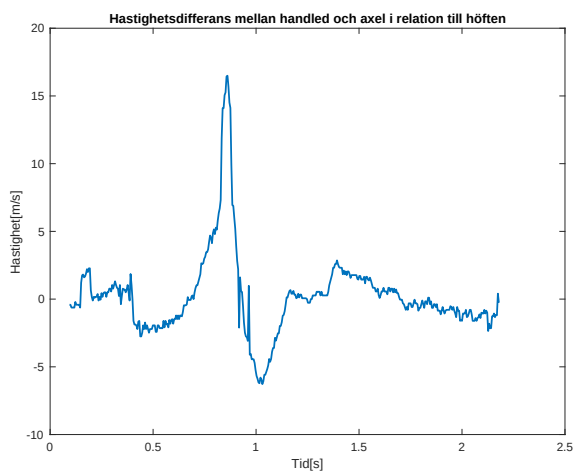
Figur C.22: Underarmens relativa hastighet för spelare fem, F06/07



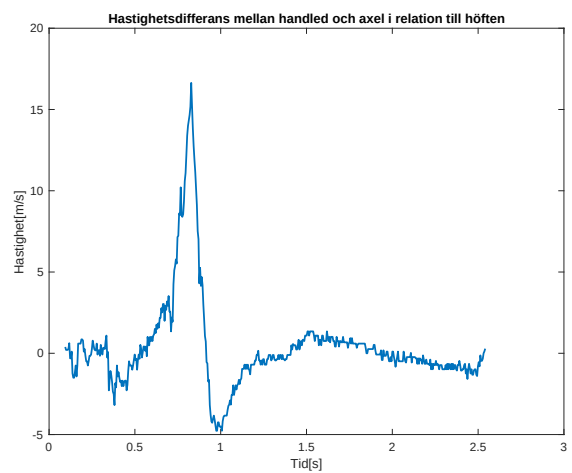
Figur C.23: Underarmens relativa hastighet för spelare åtta, F06/07



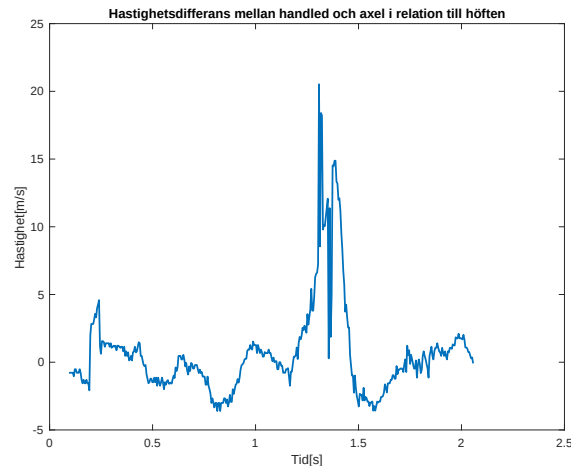
Figur C.24: Underarmens relativa hastighet för spelare nio, F06/07



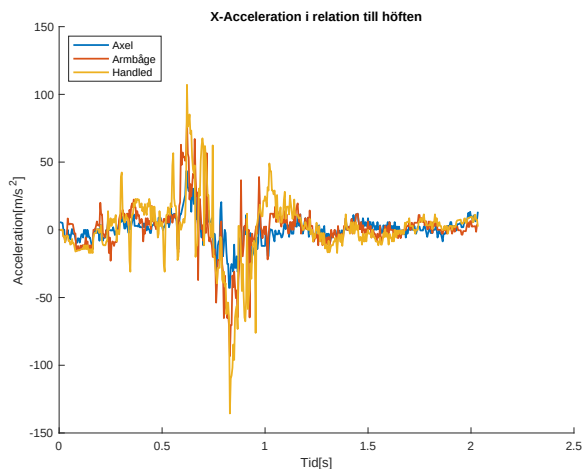
Figur C.25: Armbågens relativa hastighet för spelare fem, F06/07



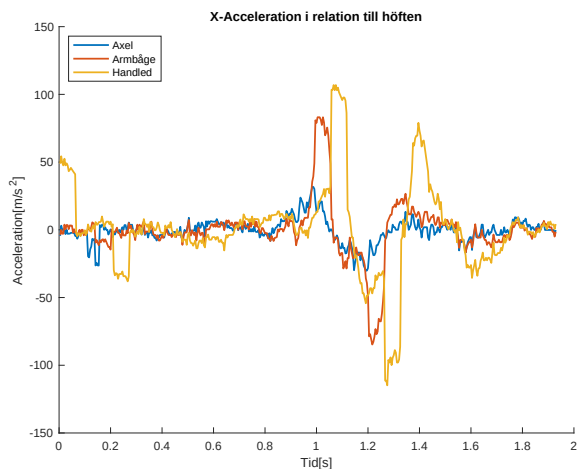
Figur C.26: Armbågens relativa hastighet för spelare åtta, F06/07



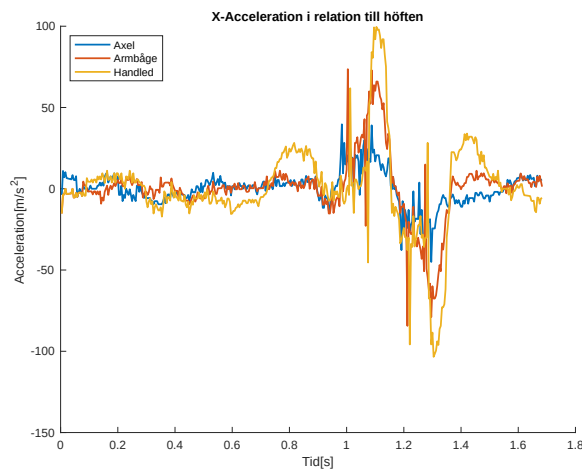
Figur C.27: Armbågens relativa hastighet för spelare nio, F06/07



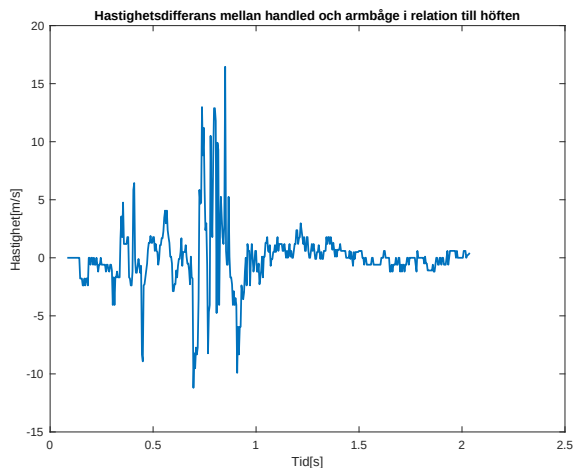
Figur C.28: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare 14, P04



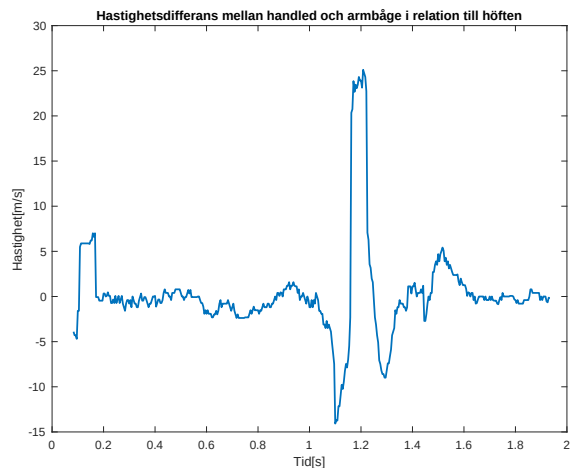
Figur C.29: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare 16, P04



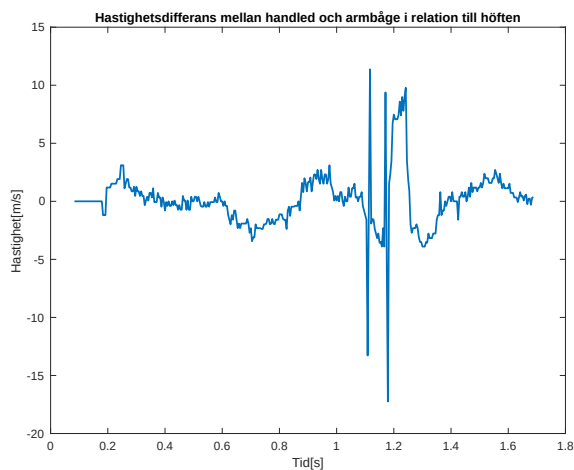
Figur C.30: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare 17, P04



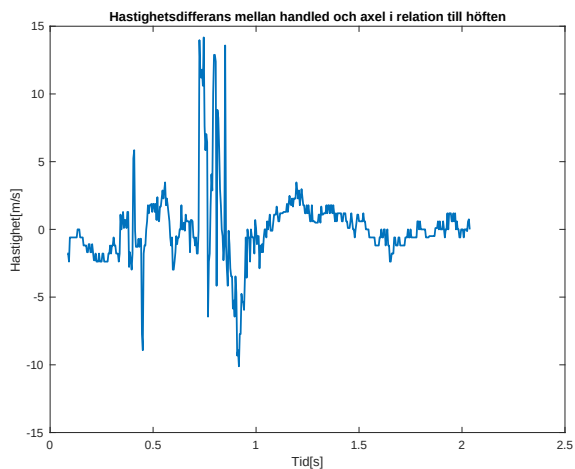
Figur C.31: Underarmens relativa hastighet för spelare 14, P04



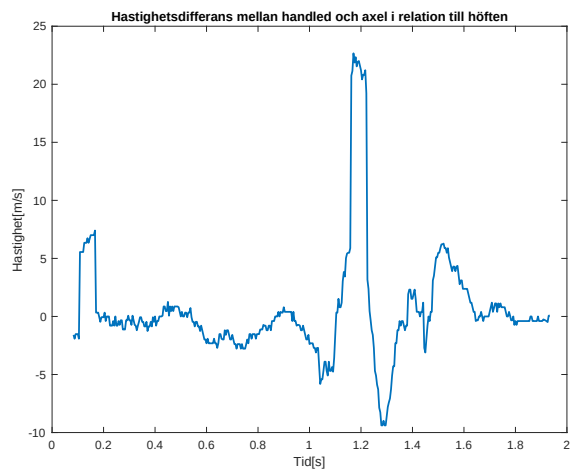
Figur C.32: Underarmens relativa hastighet för spelare 16, P04



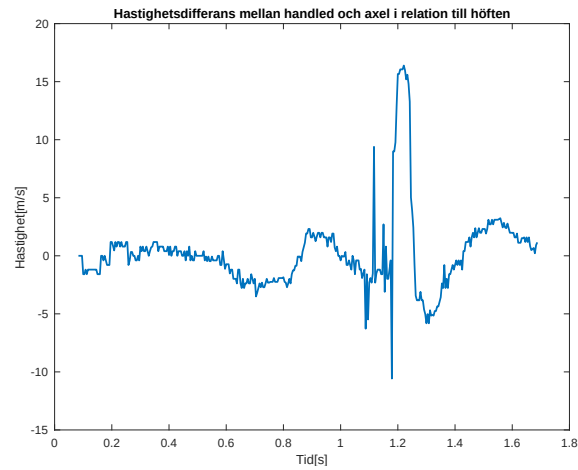
Figur C.33: Underarmens relativa hastighet för spelare 17, P04



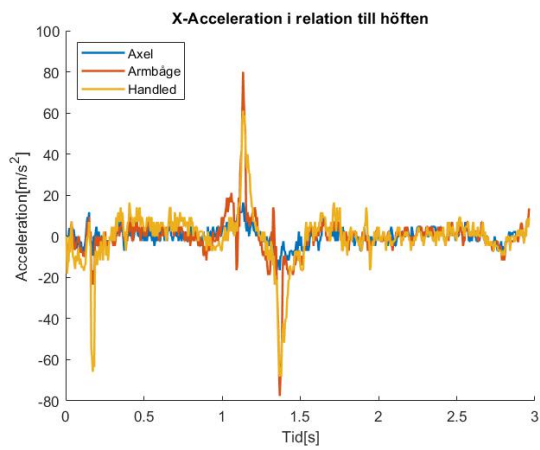
Figur C.34: Armbågens relativa hastighet för spelare 14, P04



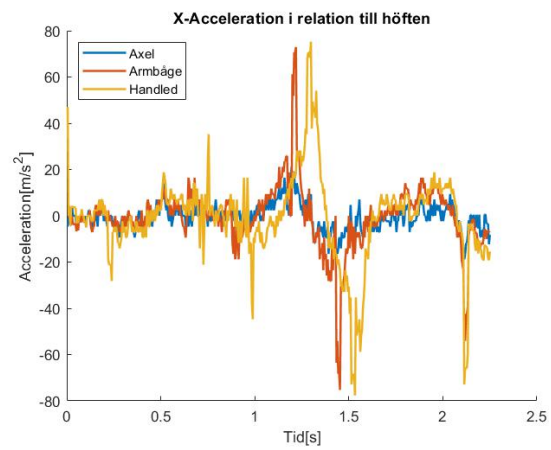
Figur C.35: Armbågens relativa hastighet för spelare 16, P04



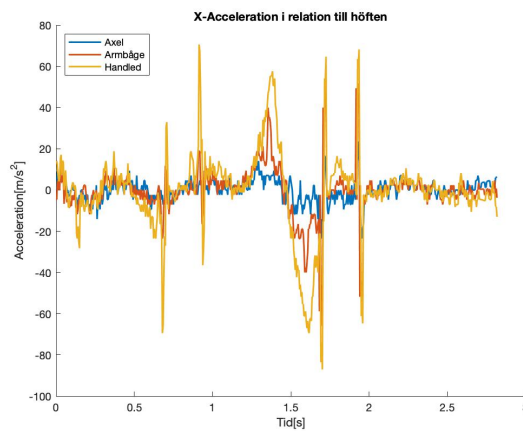
Figur C.36: Armbågens relativa hastighet för spelare 16, P04



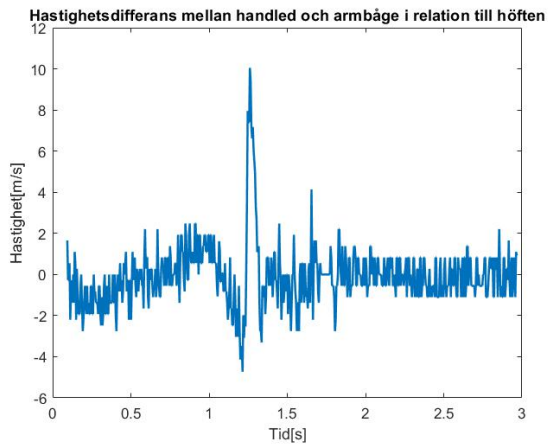
Figur C.37: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare två, F09



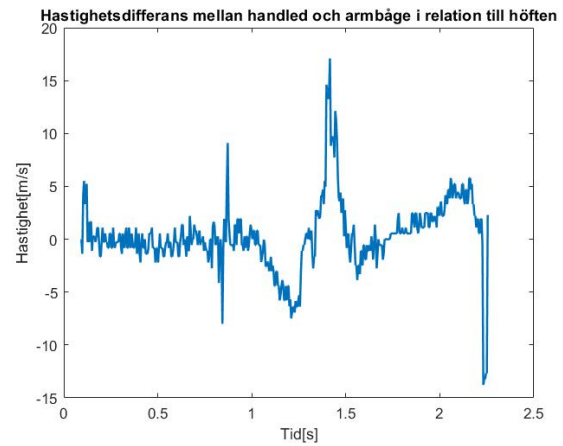
Figur C.38: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare åtta, F09



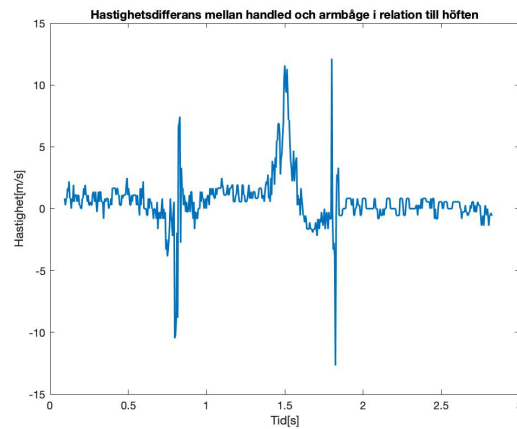
Figur C.39: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare 21, F09



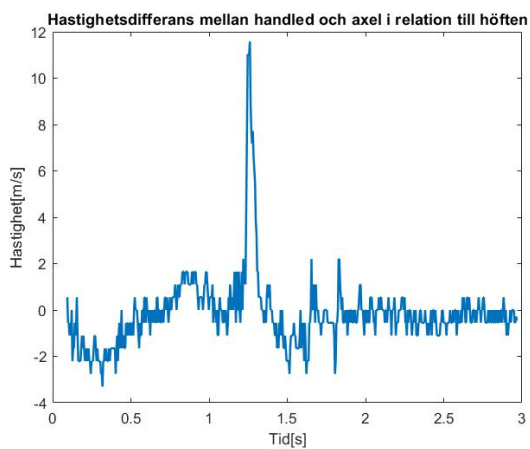
Figur C.40: Underarmens relativa hastighet för spelare två, F09



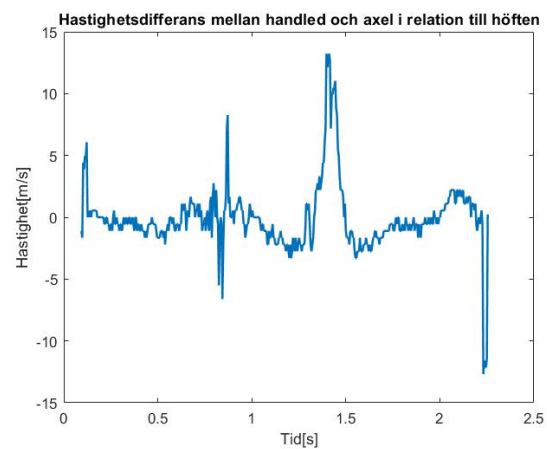
Figur C.41: Underarmens relativa hastighet för spelare åtta, F09



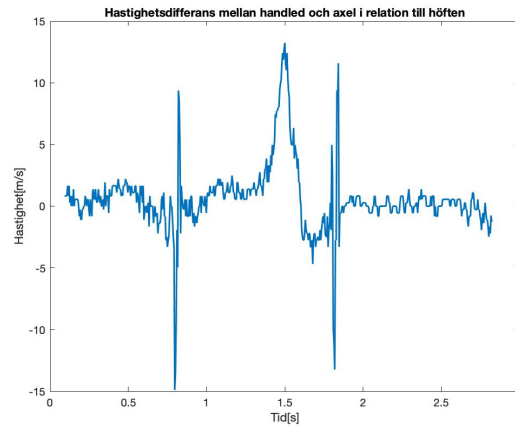
Figur C.42: Underarmens relativa hastighet för spelare 21, F09



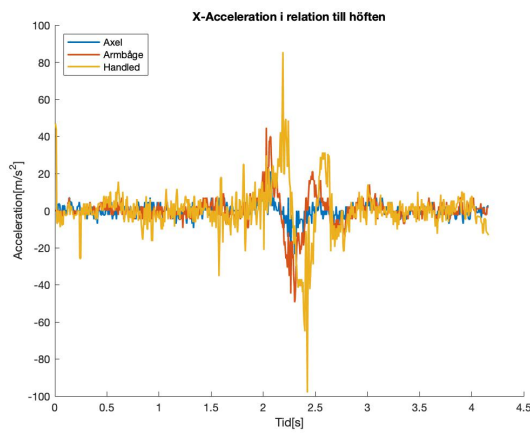
Figur C.43: Armbågens relativa hastighet för spelare två, F09



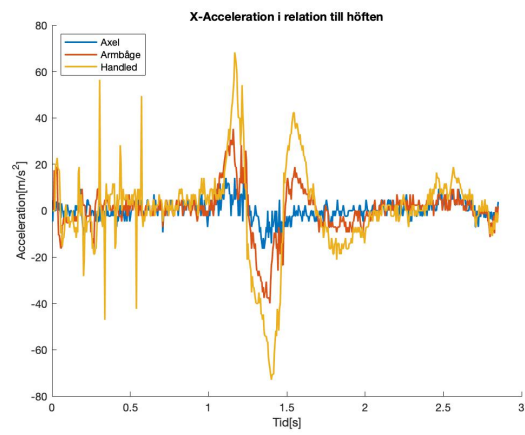
Figur C.44: Armbågens relativa hastighet för spelare åtta, F09



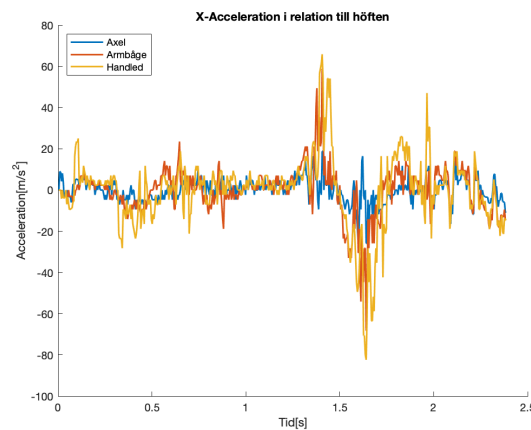
Figur C.45: Armbågens relativa hastighet för spelare 21, F09



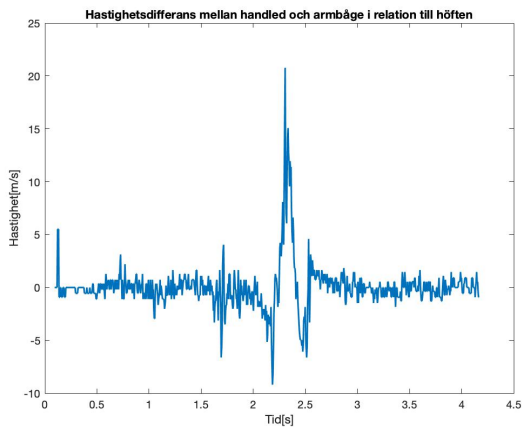
Figur C.46: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare ett, P08



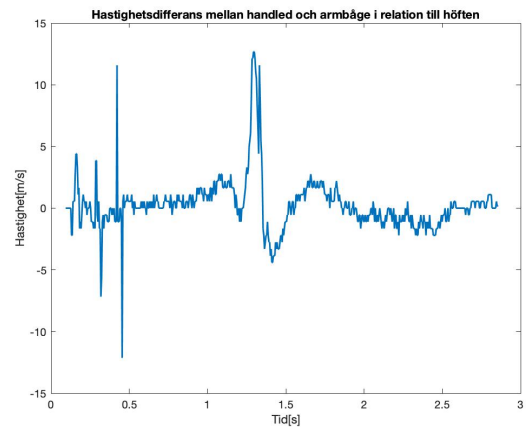
Figur C.47: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare fem, P08



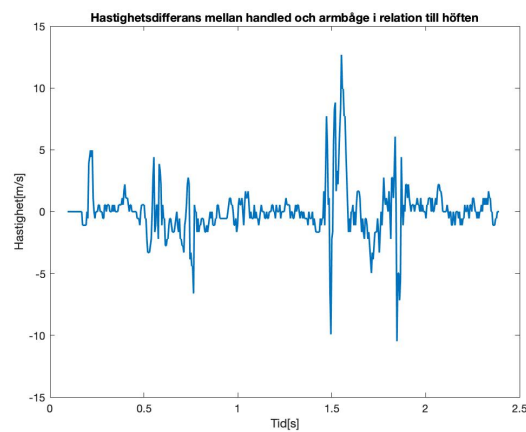
Figur C.48: Horisontell accelerationen i relation till höften för spelare 15, P08



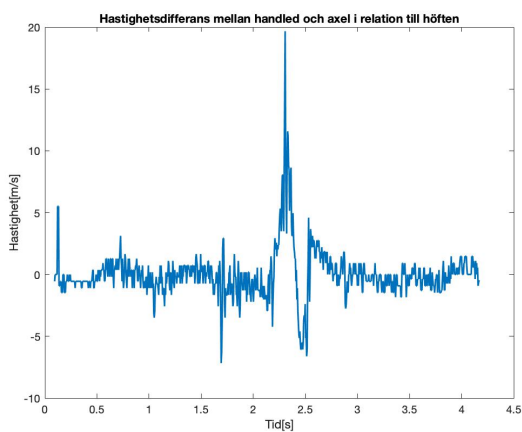
Figur C.49: Underarmens relativa hastighet för spelare ett, P08



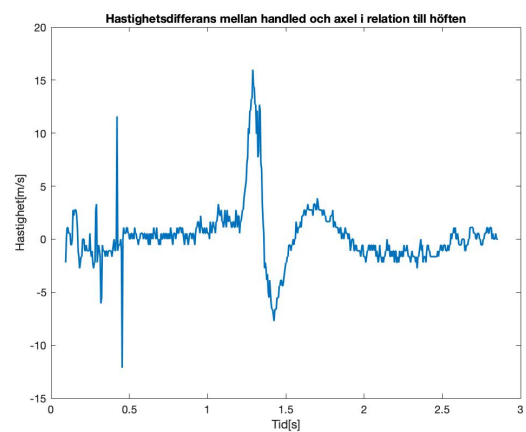
Figur C.50: Underarmens relativa hastighet för spelare fem, P08



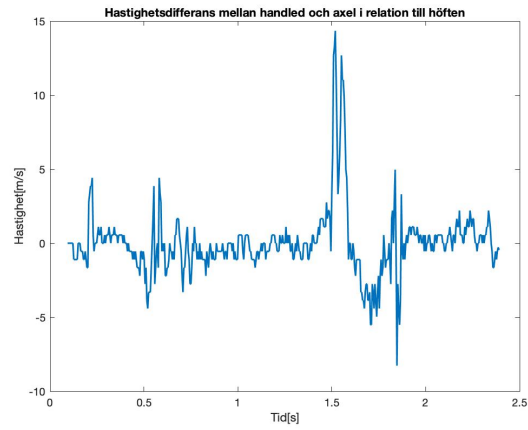
Figur C.51: Underarmens relativa hastighet för spelare 15, P08



Figur C.52: Armbågens relativa hastighet för spelare ett, P08



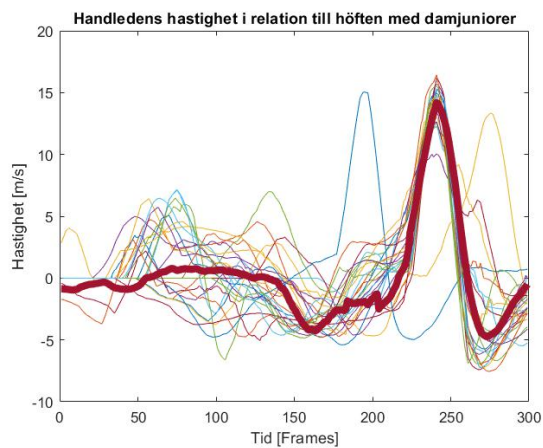
Figur C.53: Armbågens relativa hastighet för spelare fem, P08



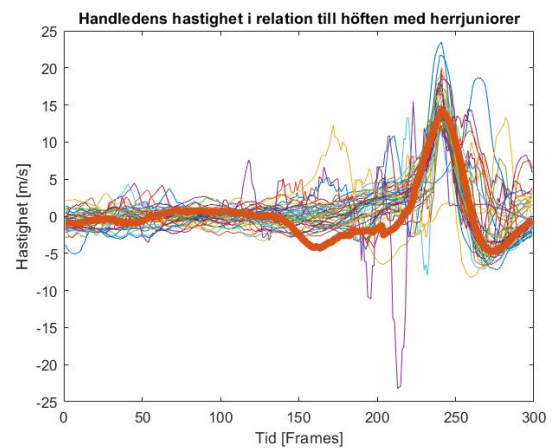
Figur C.54: Armbågens relativa hastighet för spelare 15, P08

D

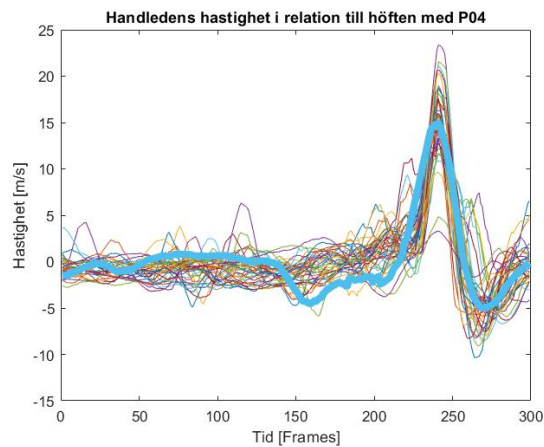
Jämförelse; Spelare & Handledshastigheter



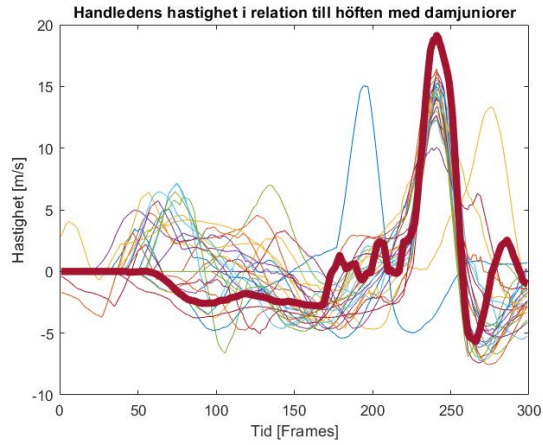
Figur D.1: Spelare tre i damjuniorer (fet linje) jämförd med alla damjuniorer



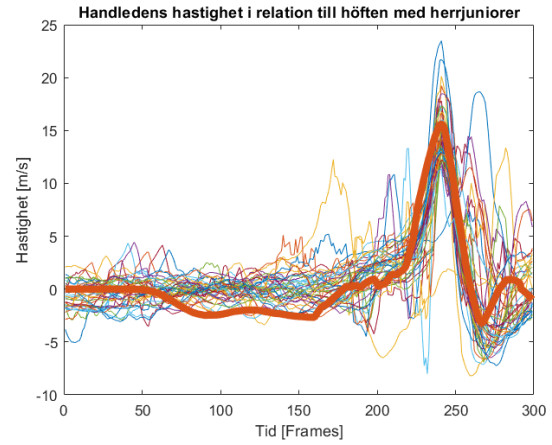
Figur D.2: Spelare tre i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



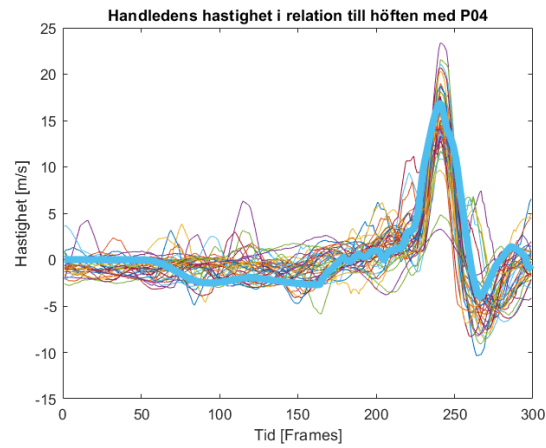
Figur D.3: Spelare tre i damjuniorer jämförd med P04



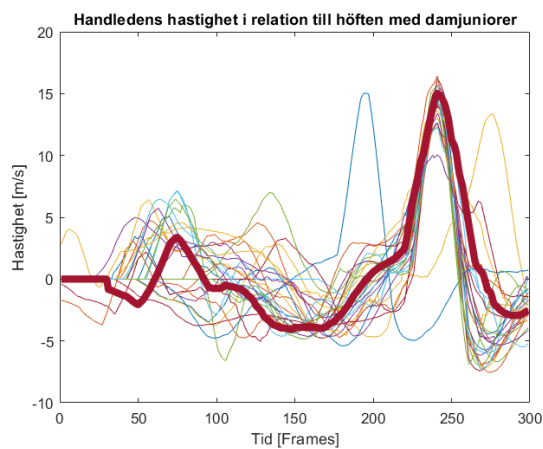
Figur D.4: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med damjuniorer



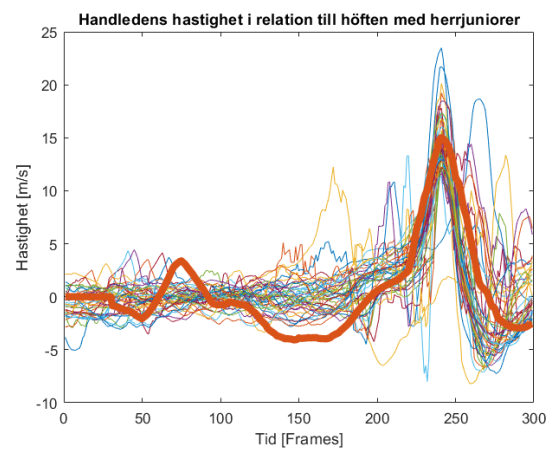
Figur D.5: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



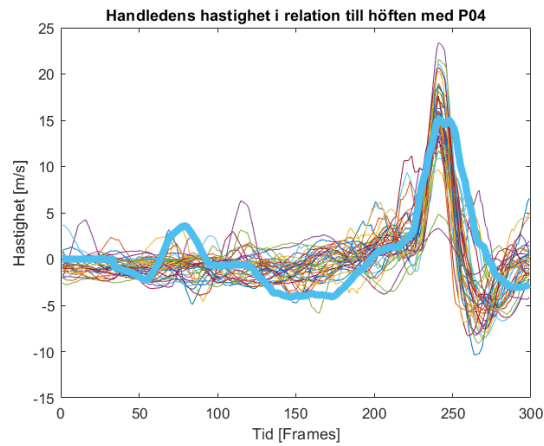
Figur D.6: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med P04



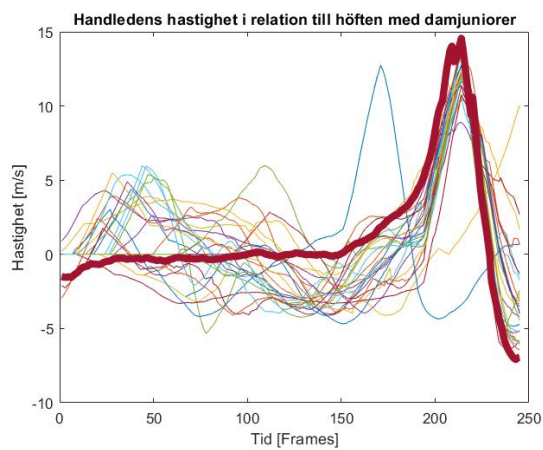
Figur D.7: Spelare tio i damjuniorer jämförd med damjuniorer



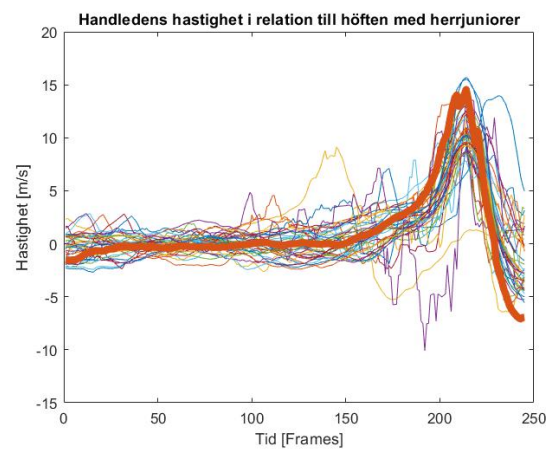
Figur D.8: Spelare tio i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



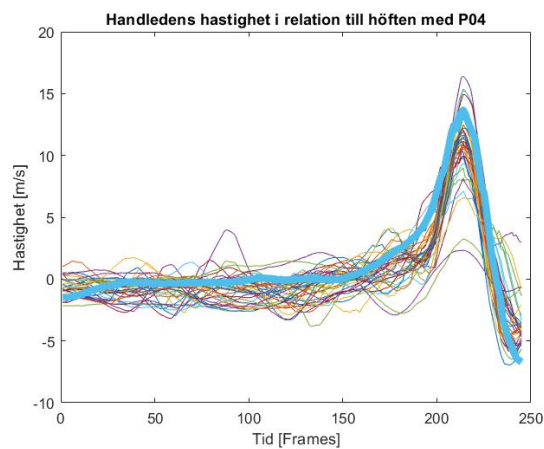
Figur D.9: Spelare tio i damjuniorer jämförd med P04



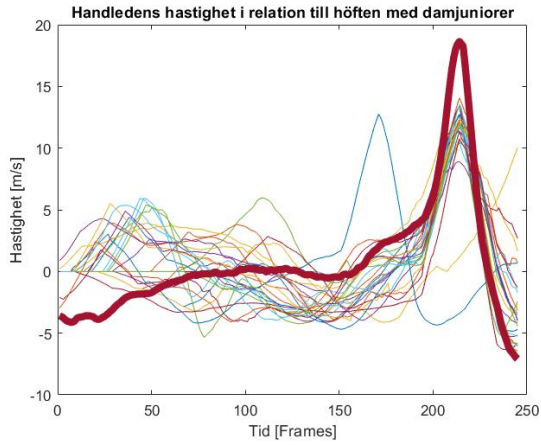
Figur D.10: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



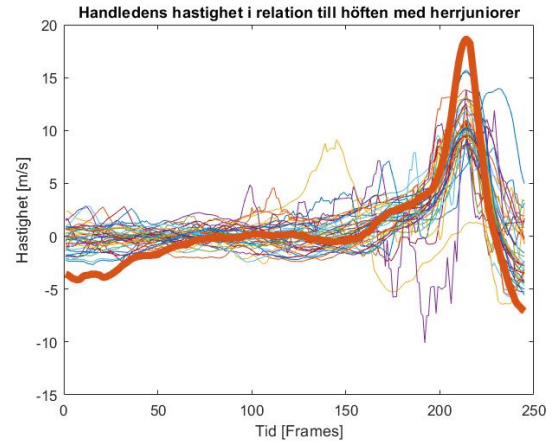
Figur D.11: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



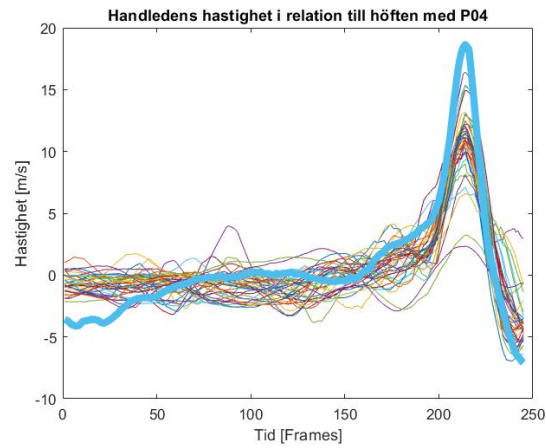
Figur D.12: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med P04



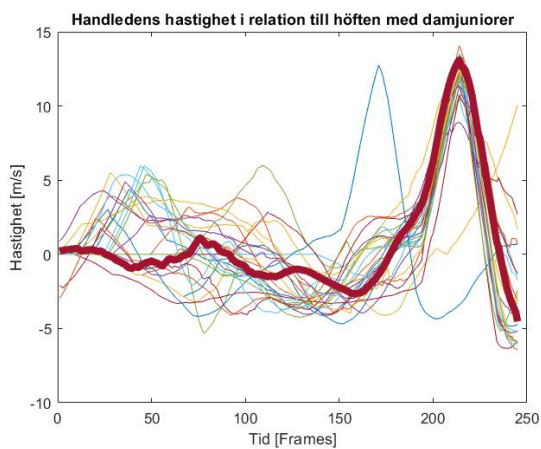
Figur D.13: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



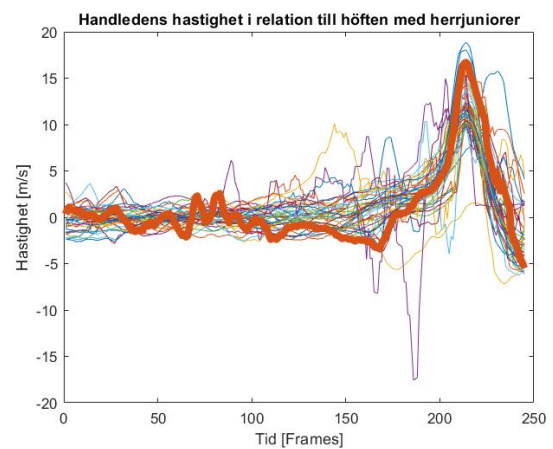
Figur D.14: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



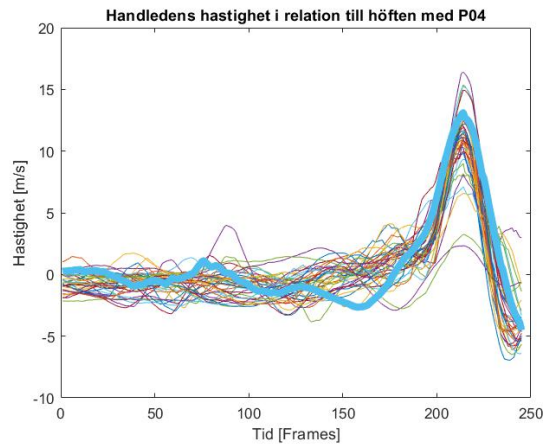
Figur D.15: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med P04



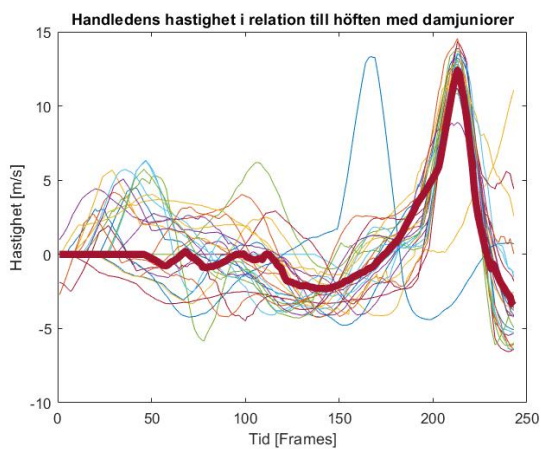
Figur D.16: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



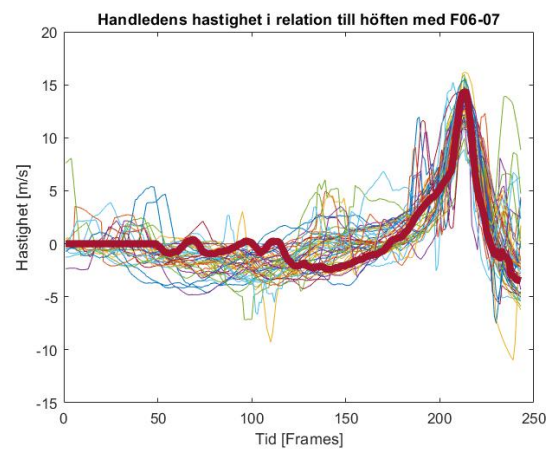
Figur D.17: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



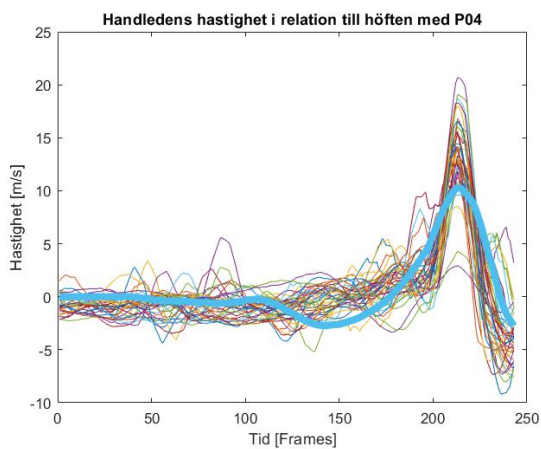
Figur D.18: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med P04



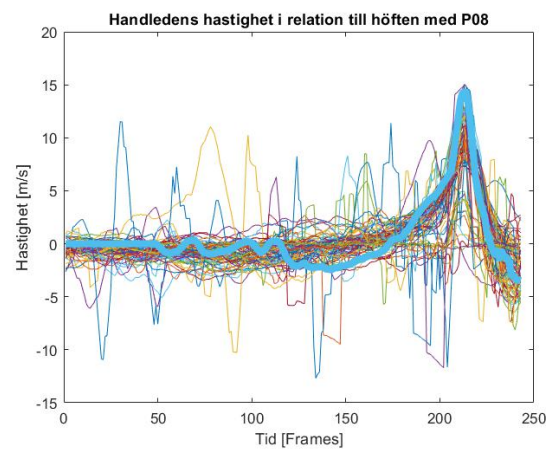
Figur D.19: Spelare fem i F06/07 jämförd med damjuniorer



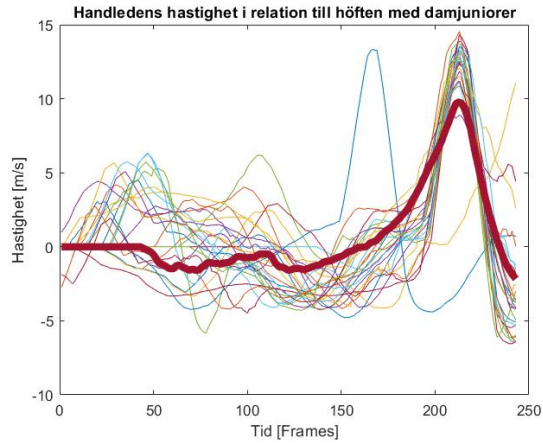
Figur D.20: Spelare fem i F06/07 jämförd med F06/07



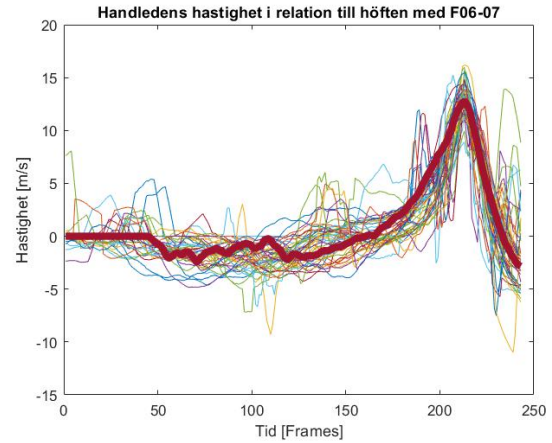
Figur D.21: Spelare fem i F06/07 jämförd med P04



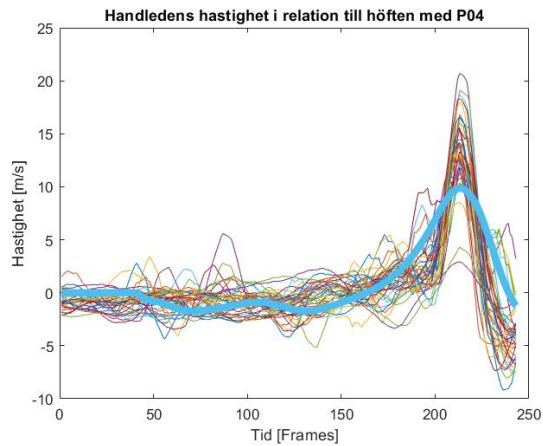
Figur D.22: Spelare fem i F06/07 jämförd med P08



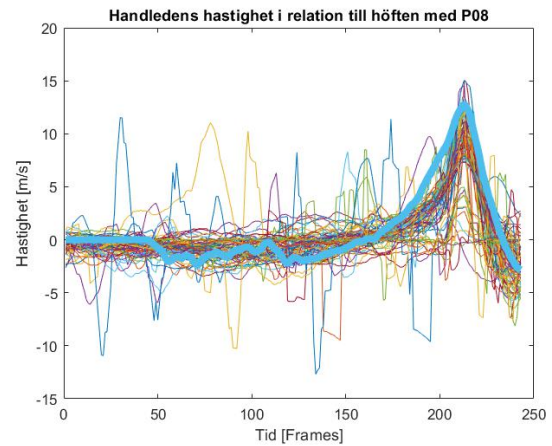
Figur D.23: Spelare åtta i F06/07 jämförd med damjuniorer



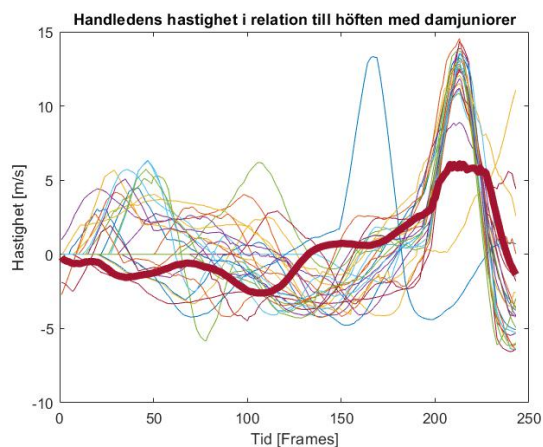
Figur D.24: Spelare åtta i F06/07 jämförd med F06/07



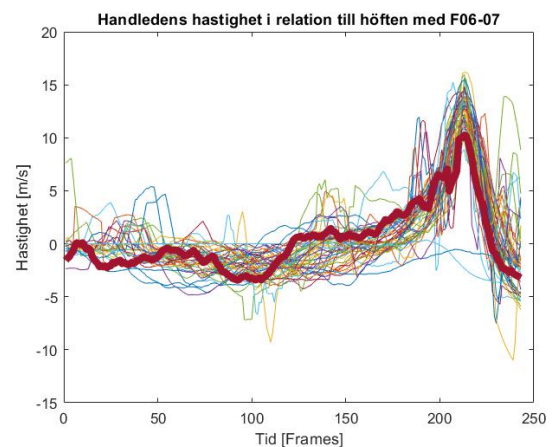
Figur D.25: Spelare åtta i F06/07 jämförd med P04



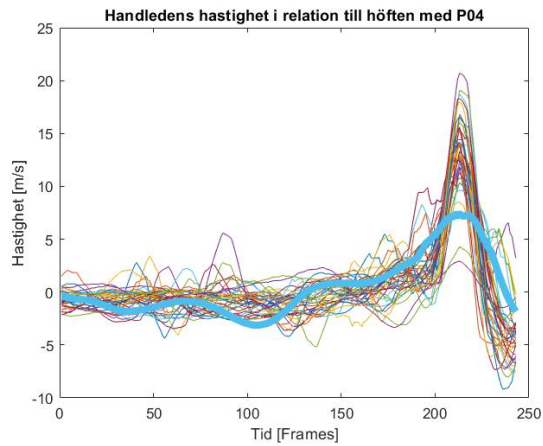
Figur D.26: Spelare åtta i F06/07 jämförd med P08



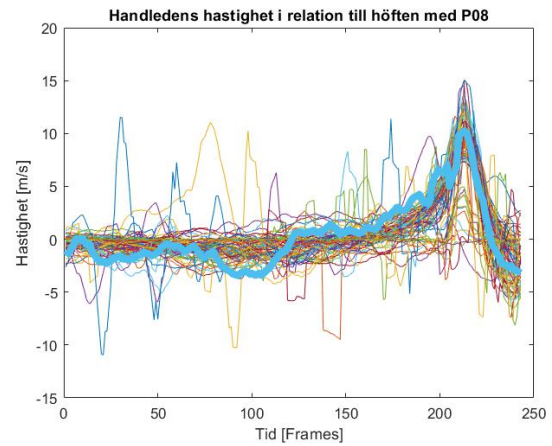
Figur D.27: Spelare nio i F06/07 jämförd med damjuniorer



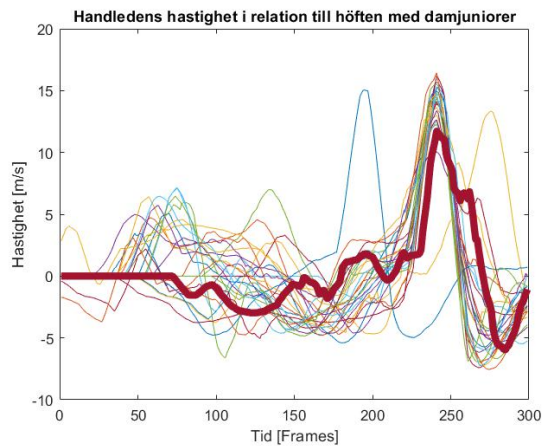
Figur D.28: Spelare nio i F06/07 jämförd med F06/07



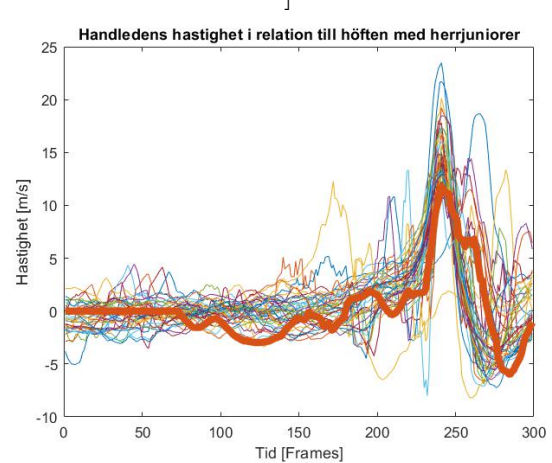
Figur D.29: Spelare nio i F06/07 jämförd med P04



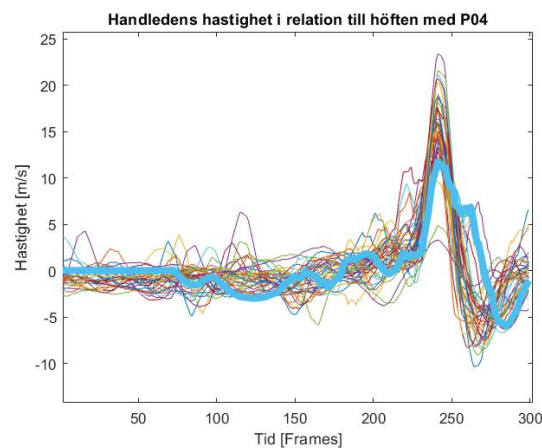
Figur D.30: Spelare nio i F06/07 jämförd med P08



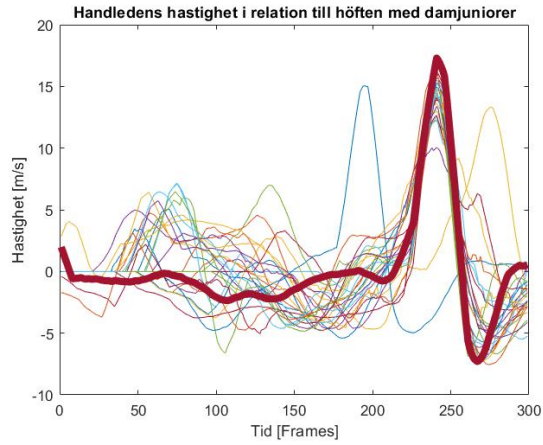
Figur D.31: Spelare 14 i P04 jämförd med damjuniorer



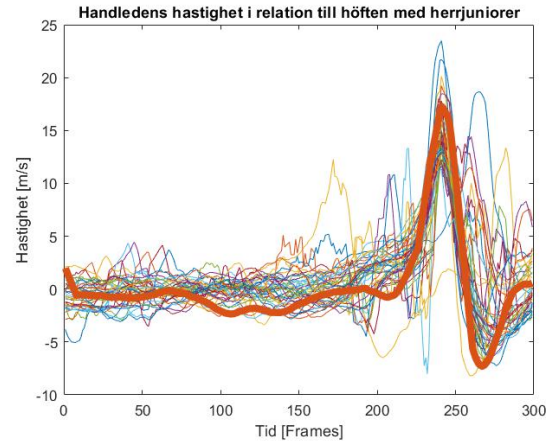
Figur D.32: Spelare 14 i P04 jämförd med herrjuniorer



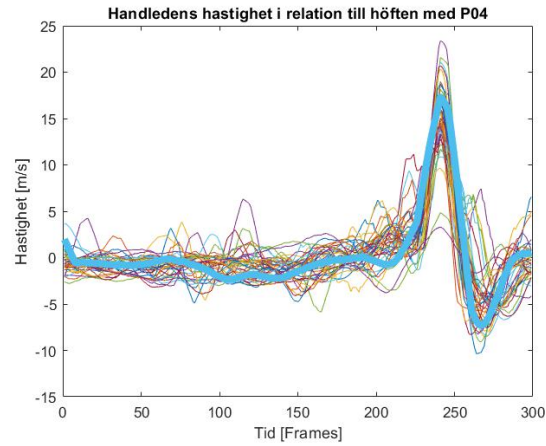
Figur D.33: Spelare 14 i P04 jämförd med P04



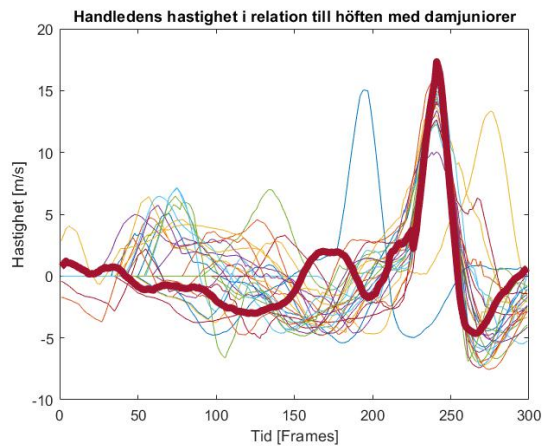
Figur D.34: Spelare 16 i P04 jämförd med damjuniorer



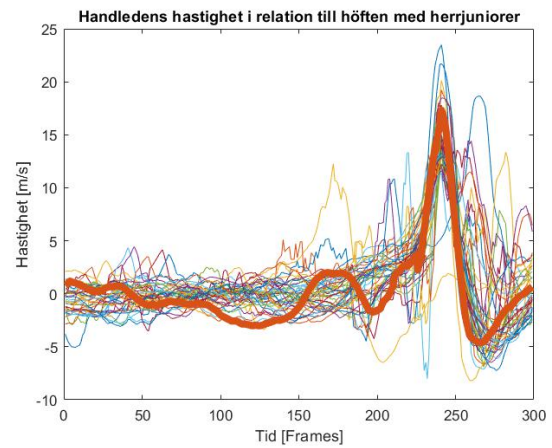
Figur D.35: Spelare 16 i P04 jämförd med herrjuniorer



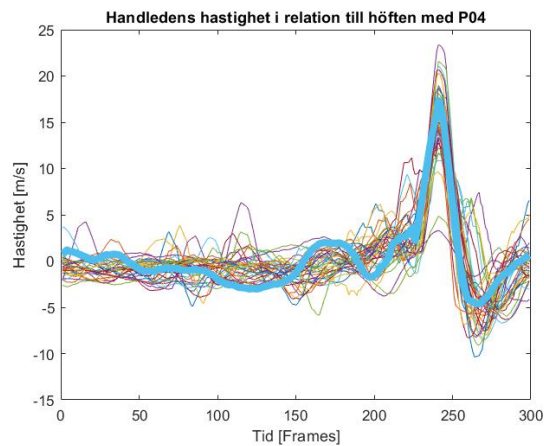
Figur D.36: Spelare 16 i P04 jämförd med P04



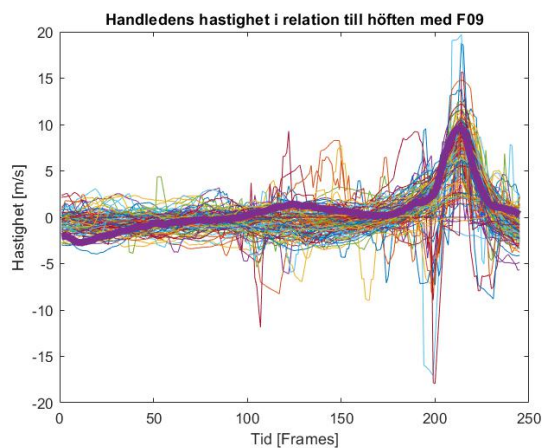
Figur D.37: Spelare 17 i P04 jämförd med damjuniorer



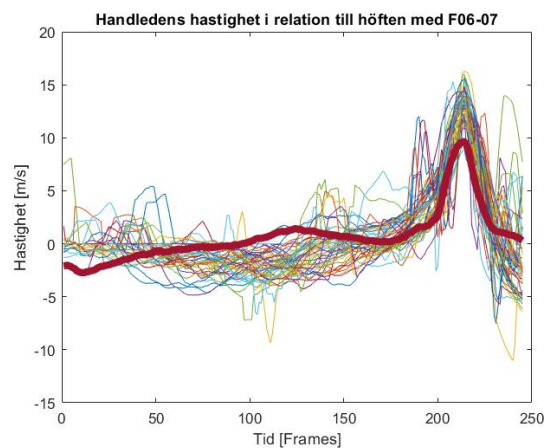
Figur D.38: Spelare 17 i P04 jämförd med herrjuniorer



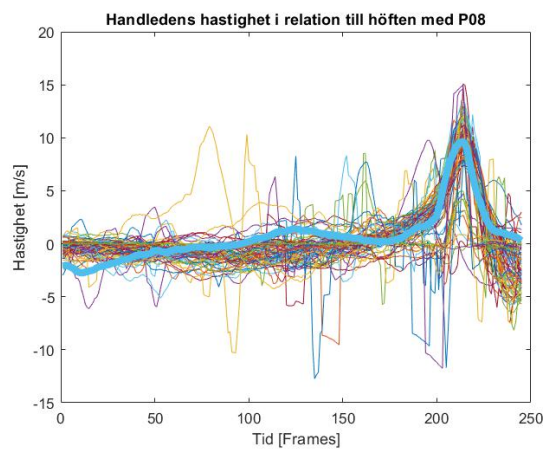
Figur D.39: Spelare 17 i P04 jämförd med P04



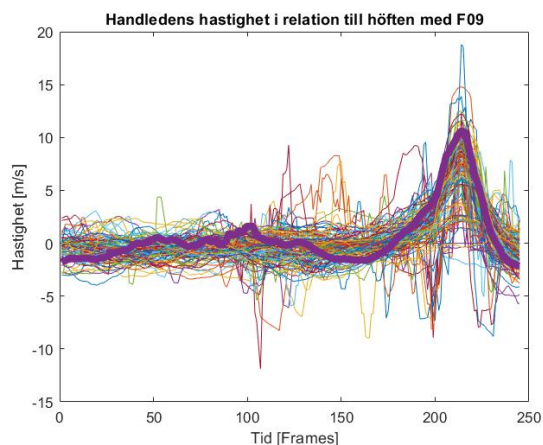
Figur D.40: Spelare två i F09 jämförd med F09



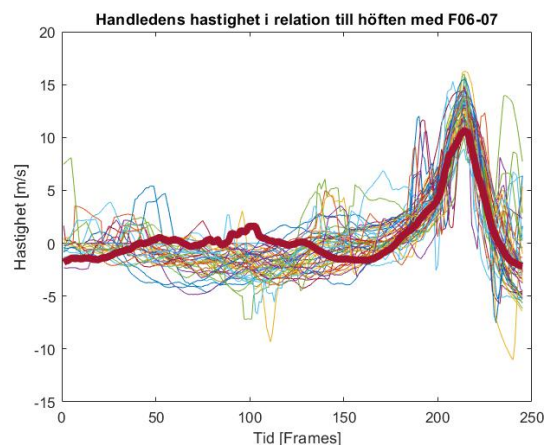
Figur D.41: Spelare två i F09 jämförd med F06/07



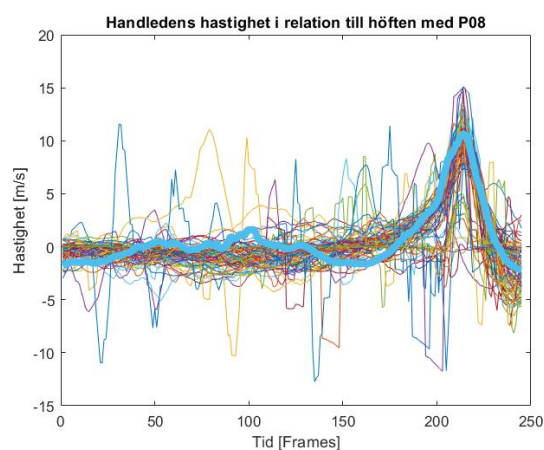
Figur D.42: Spelare två i F09 jämförd med P08



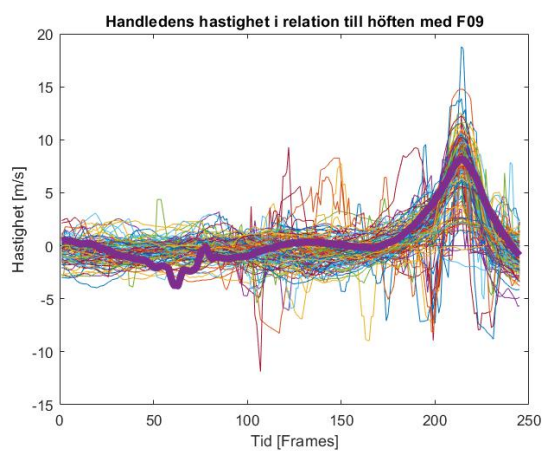
Figur D.43: Spelare åtta i F09 jämförd med F09



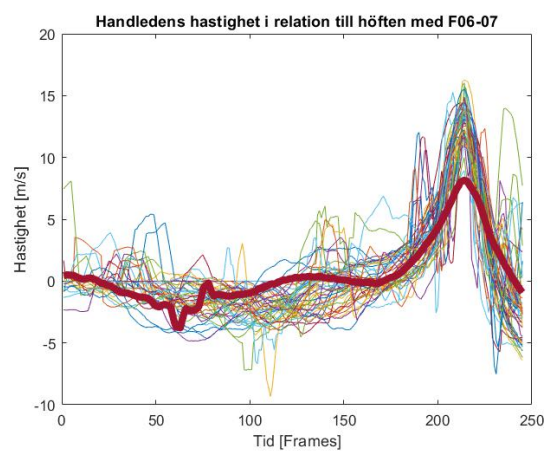
Figur D.44: Spelare åtta i F09 jämförd med F06/07



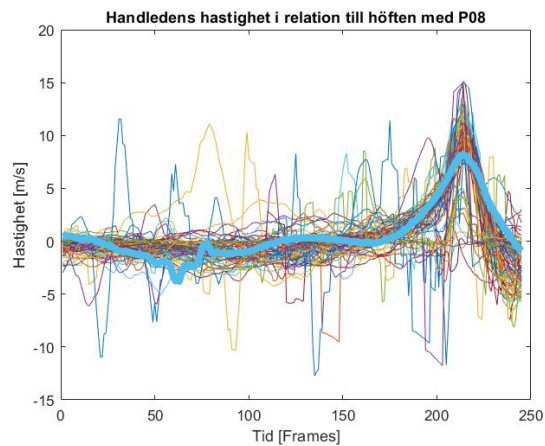
Figur D.45: Spelare åtta i F09 jämförd med P08



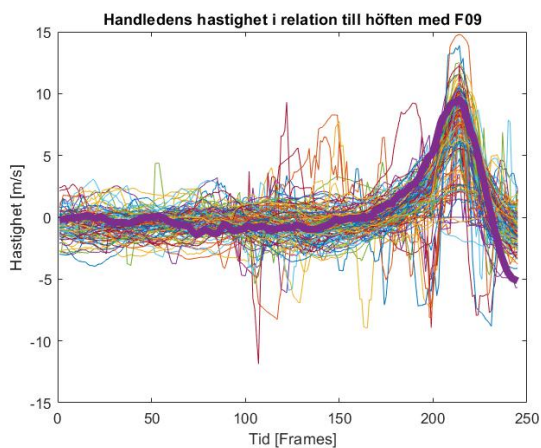
Figur D.46: Spelare 21 i F09 jämförd med F09



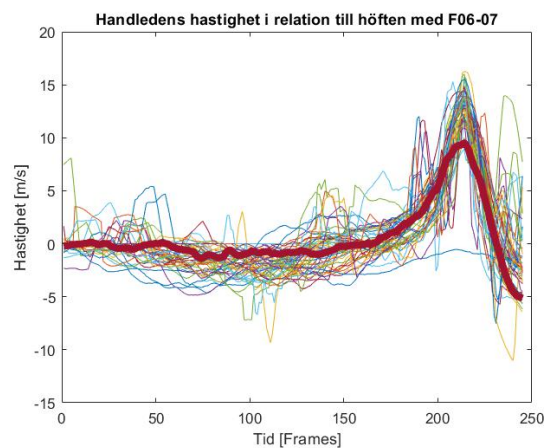
Figur D.47: Spelare 21 i F09 jämförd med F06/07



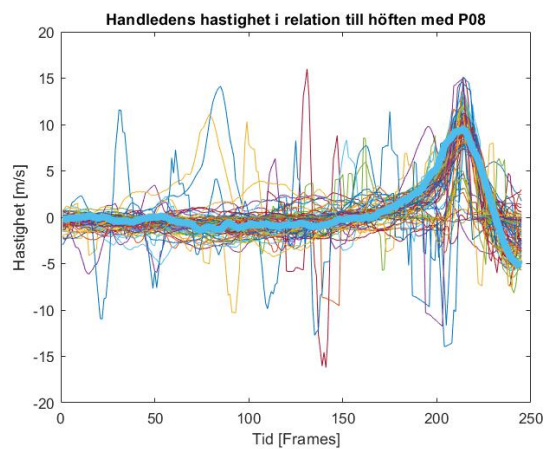
Figur D.48: Spelare 21 i F09 jämförd med P08



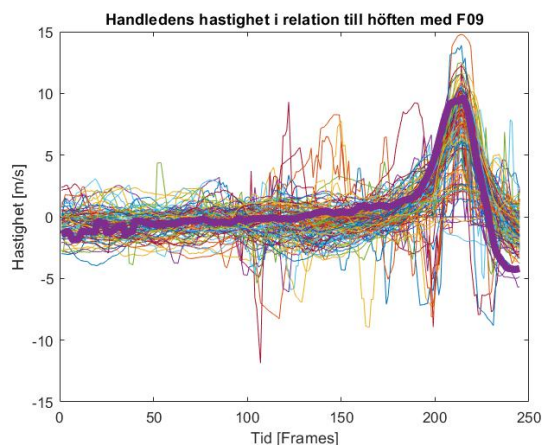
Figur D.49: Spelare ett i P08 jämförd med F09



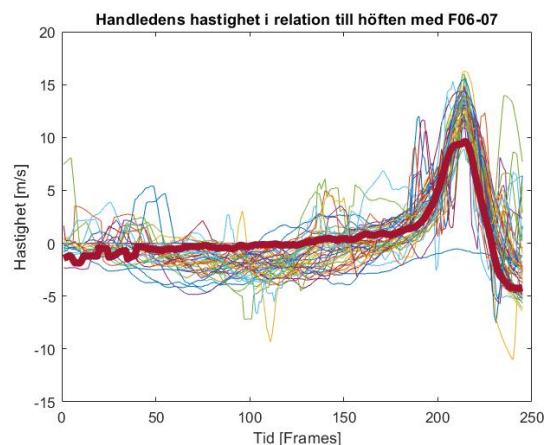
Figur D.50: Spelare ett i P08 jämförd med F06/07



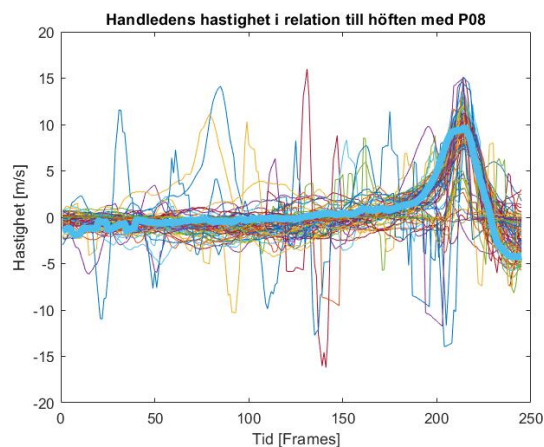
Figur D.51: Spelare ett i P08 jämförd med P08



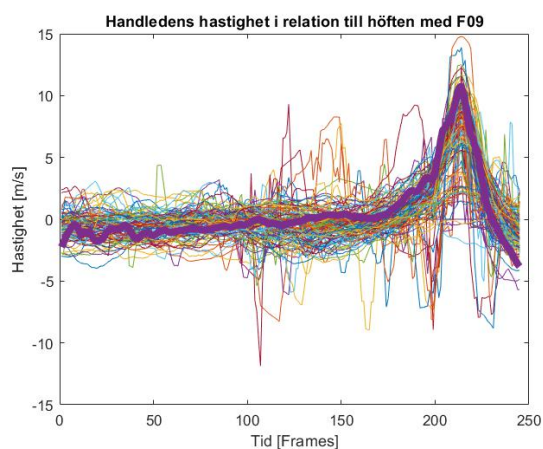
Figur D.52: Spelare fem i P08 jämförd med F09



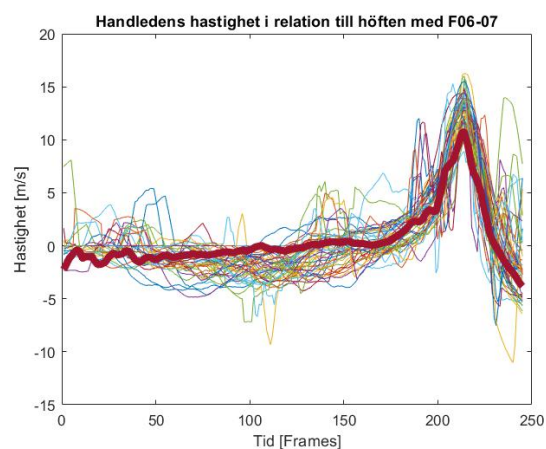
Figur D.53: Spelare fem i P08 jämförd med F06/07



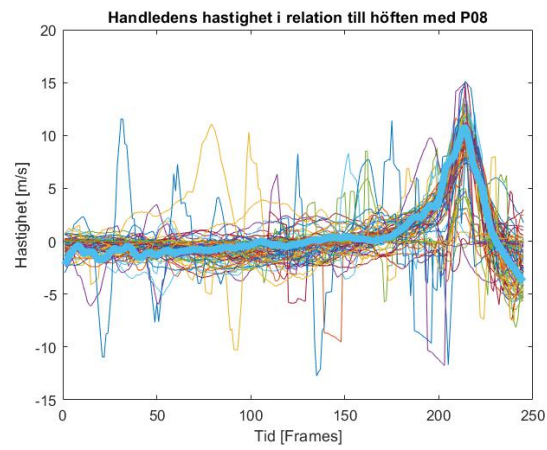
Figur D.54: Spelare fem i P08 jämförd med P08



Figur D.55: Spelare 15 i P08 jämförd med F09



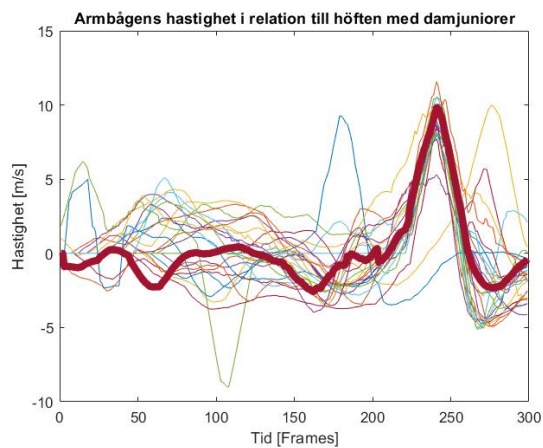
Figur D.56: Spelare 15 i P08 jämförd med F06/07



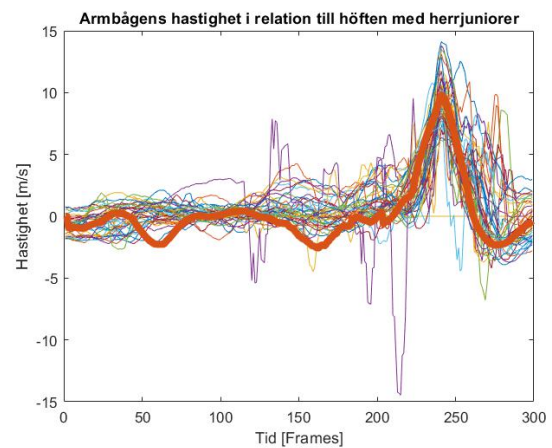
Figur D.57: Spelare 15 i P08 jämförd med P08

E

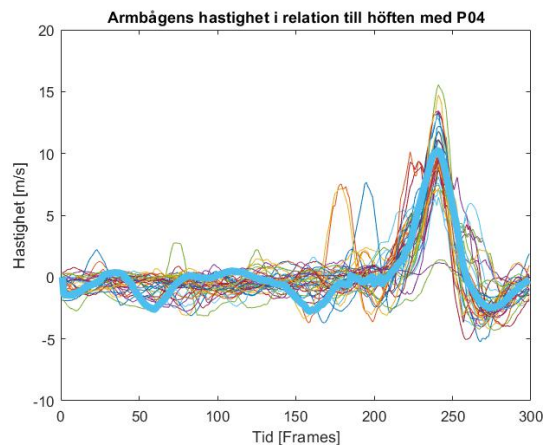
Jämförelse; Spelare & Armbågshastigheter



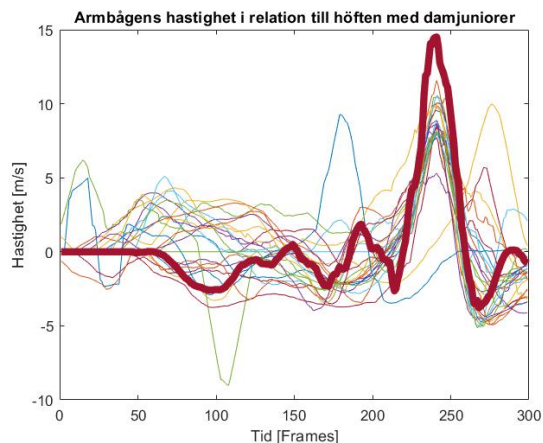
Figur E.1: Spelare tre i damjuniorer jämförd med damjuniorer



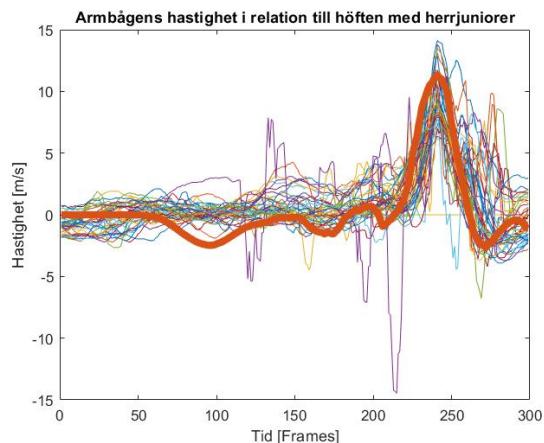
Figur E.2: Spelare tre i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



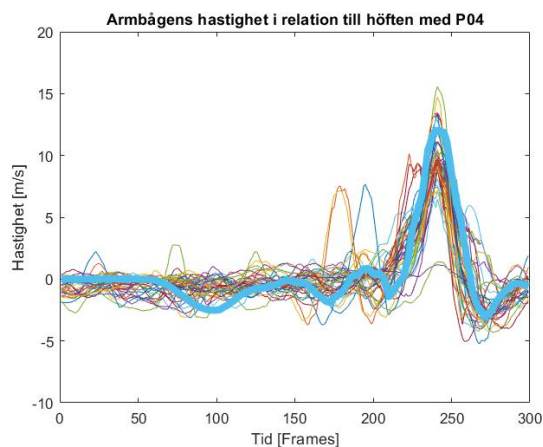
Figur E.3: Spelare tre i damjuniorer jämförd med P04



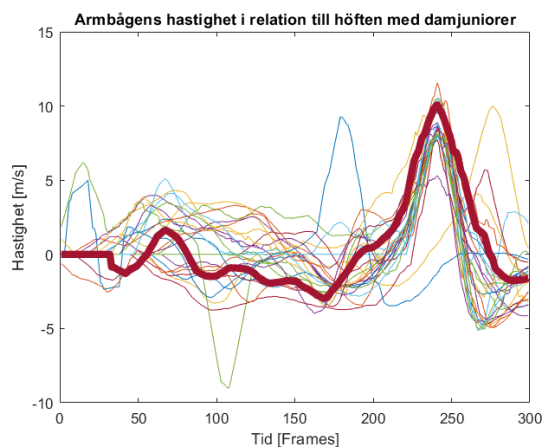
Figur E.4: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med damjuniorer



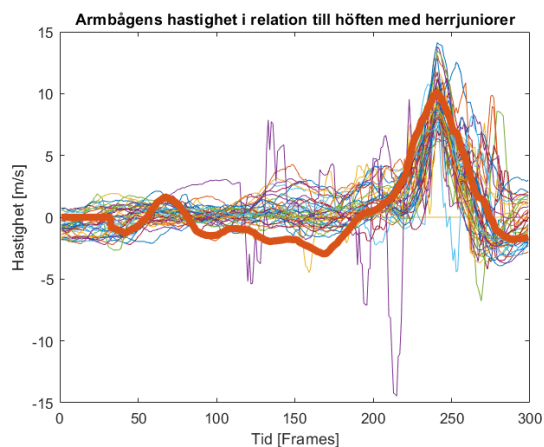
Figur E.5: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



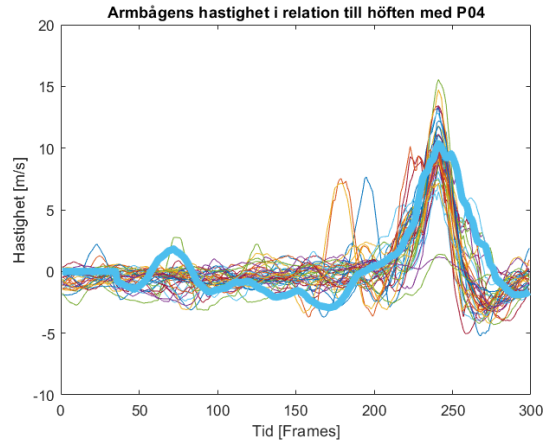
Figur E.6: Spelare åtta i damjuniorer jämförd med P04



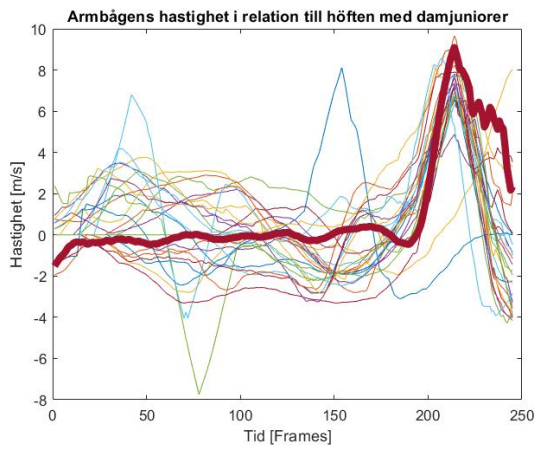
Figur E.7: Spelare tio i damjuniorer jämförd med damjuniorer



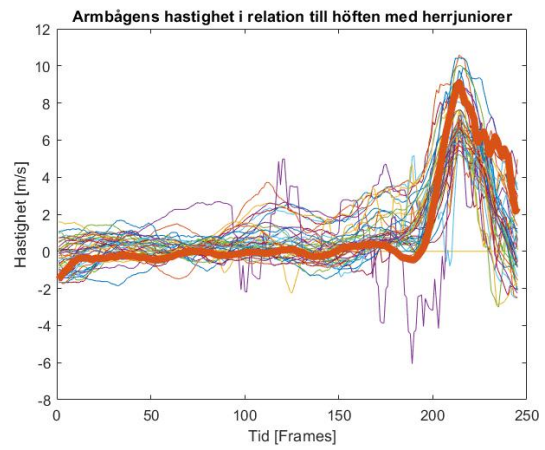
Figur E.8: Spelare tio i damjuniorer jämförd med herrjuniorer



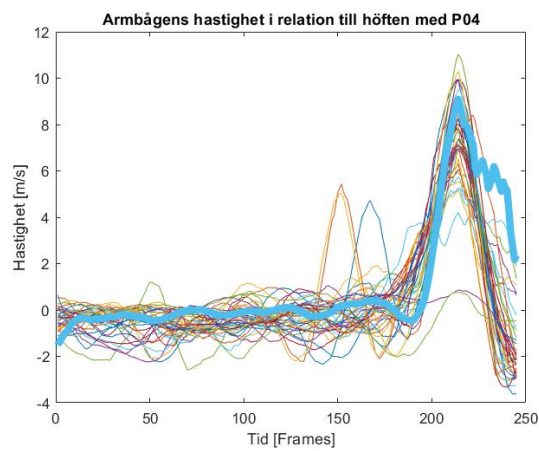
Figur E.9: Spelare tio i damjuniorer förd med P04



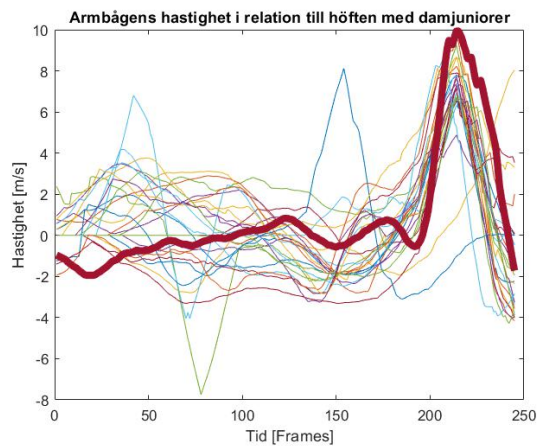
Figur E.10: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



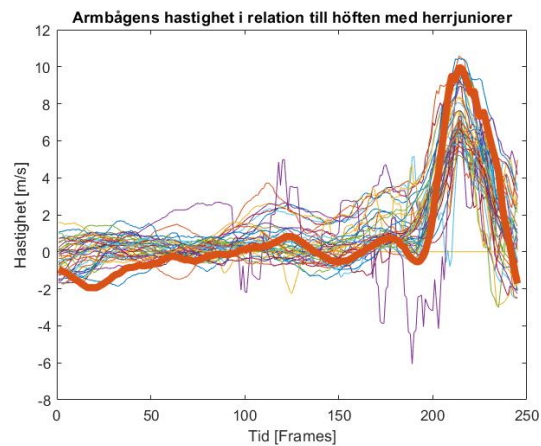
Figur E.11: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



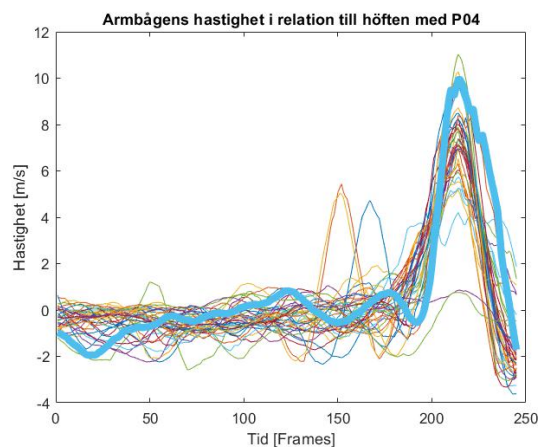
Figur E.12: Spelare ett, kast fyra i herrjuniorer jämförd med P04



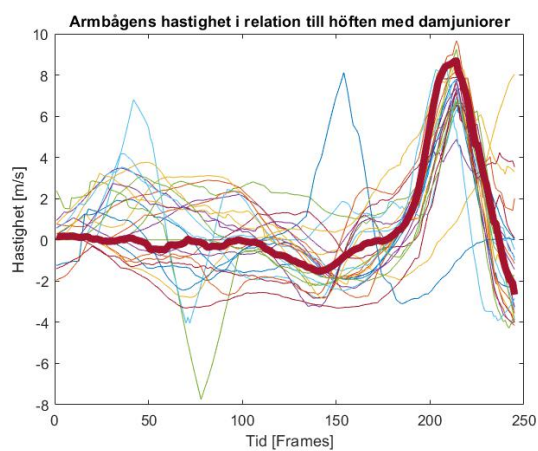
Figur E.13: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



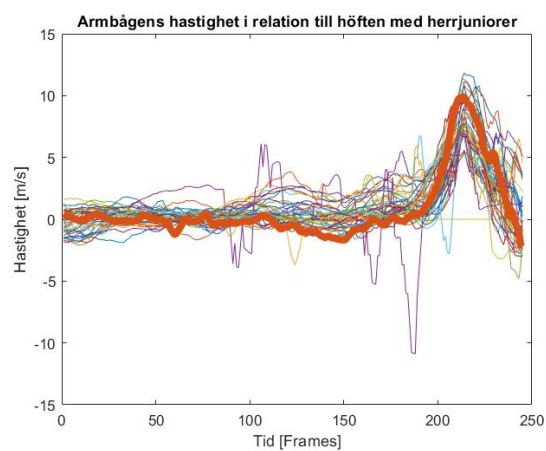
Figur E.14: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



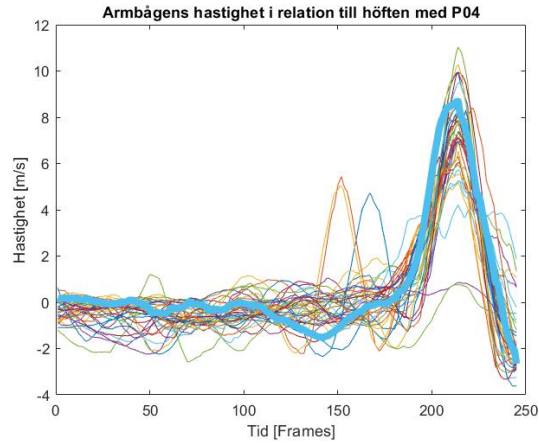
Figur E.15: Spelare ett, kast sex i herrjuniorer jämförd med P04



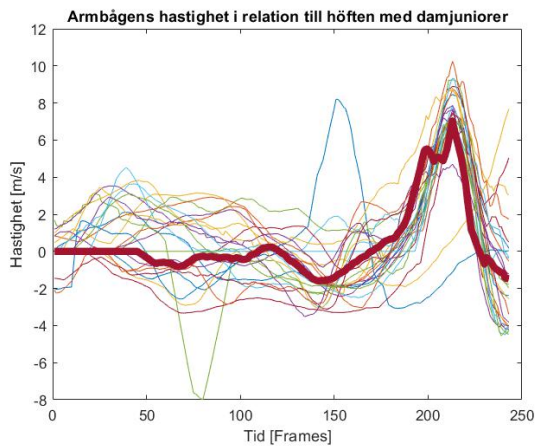
Figur E.16: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med damjuniorer



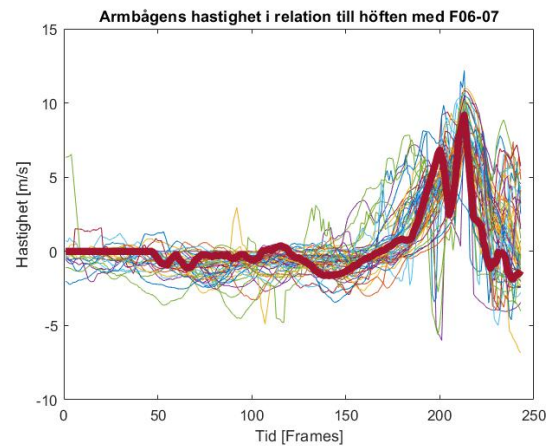
Figur E.17: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med herrjuniorer



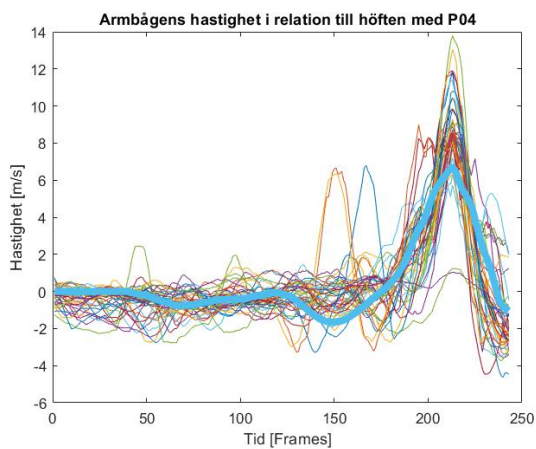
Figur E.18: Spelare sex i herrjuniorer jämförd med P04



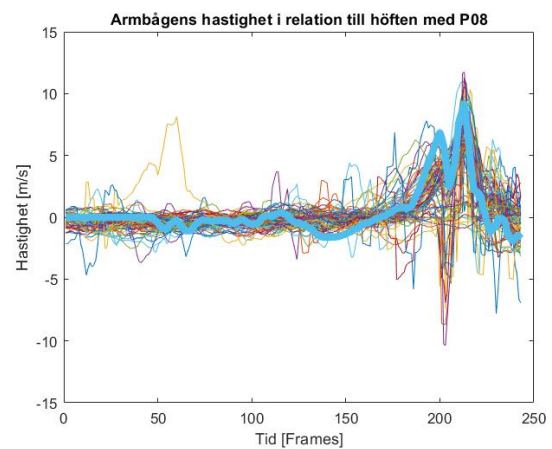
Figur E.19: Spelare fem i F06/07 jämförd med damjuniorer



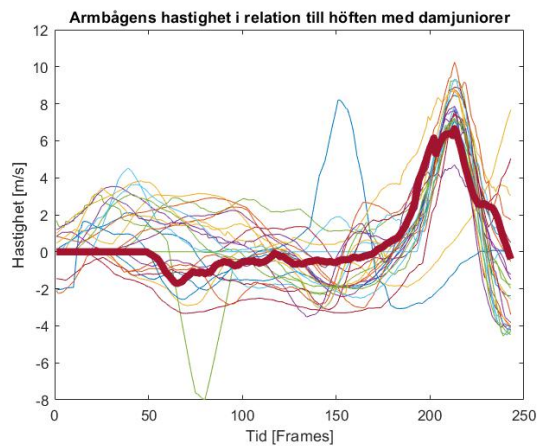
Figur E.20: Spelare fem i F06/07 jämförd med F06/07



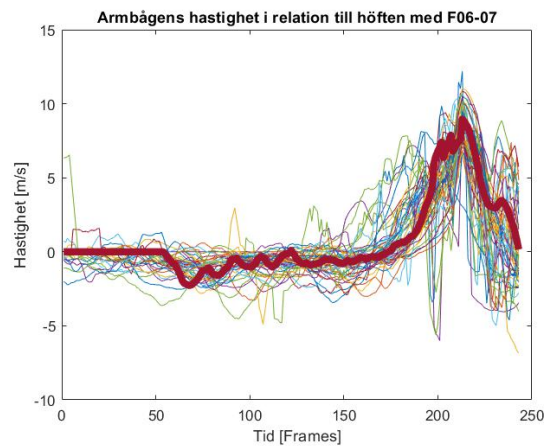
Figur E.21: Spelare fem i F06/07 jämförd med P04



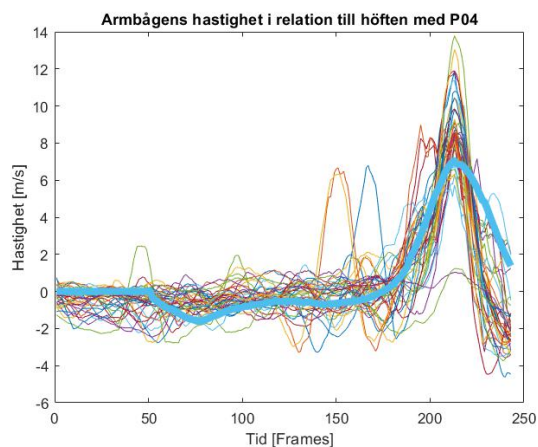
Figur E.22: Spelare fem i F06/07 jämförd med P08



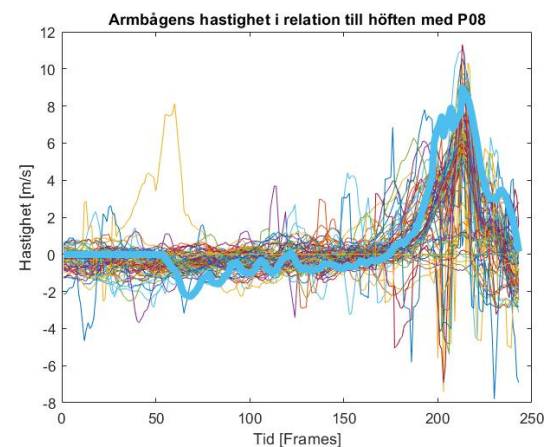
Figur E.23: Spelare åtta i F06/07 jämförd med damjuniorer



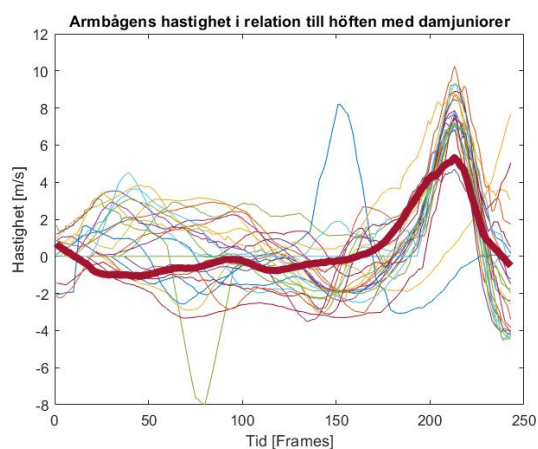
Figur E.24: Spelare åtta i F06/07 jämförd med F06/07



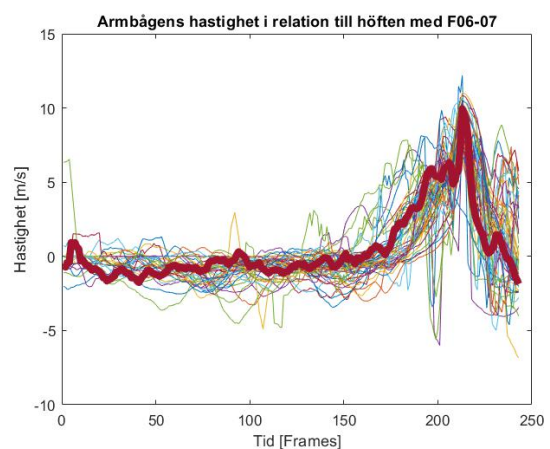
Figur E.25: Spelare åtta i F06/07 jämförd med P04



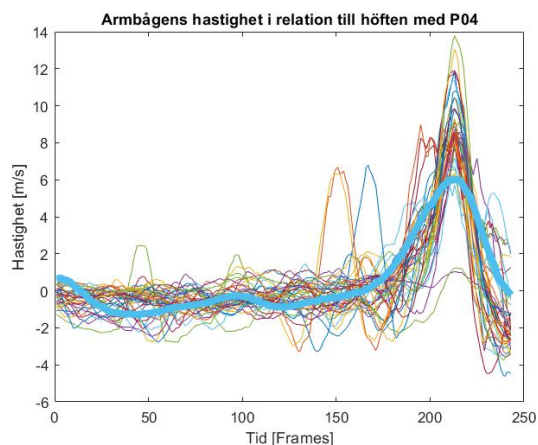
Figur E.26: Spelare åtta i F06/07 jämförd med P08



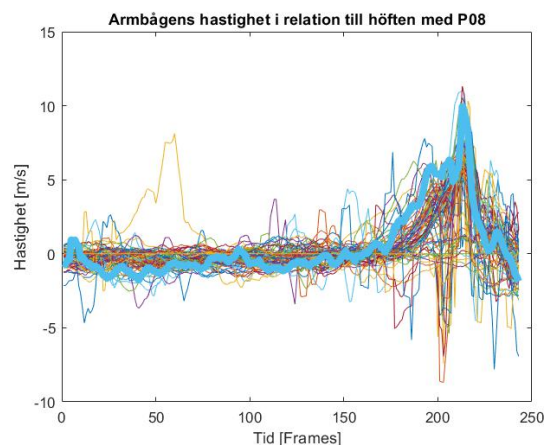
Figur E.27: Spelare nio i F06/07 jämförd med damjuniorer



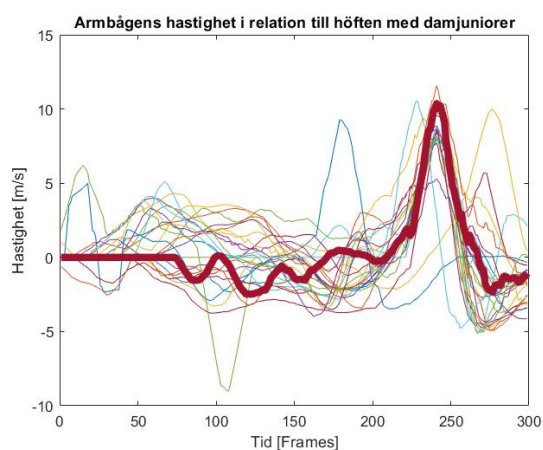
Figur E.28: Spelare nio i F06/07 jämförd med F06/07



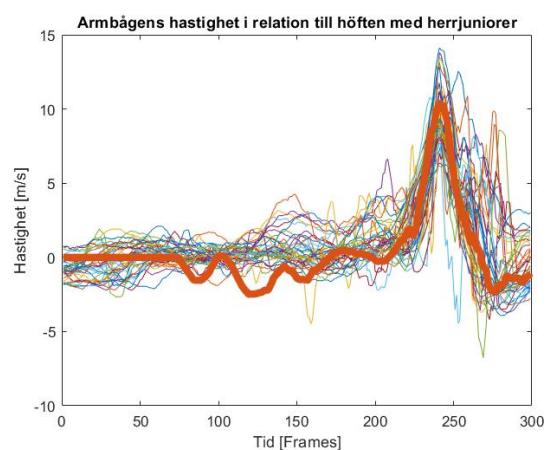
Figur E.29: Spelare nio i F06/07 jämförd med P04



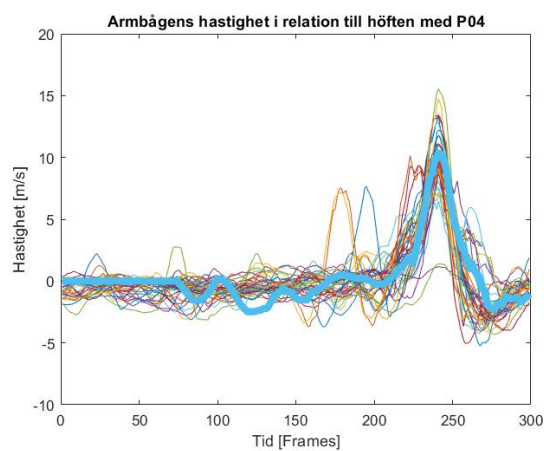
Figur E.30: Spelare nio i F06/07 jämförd med P08



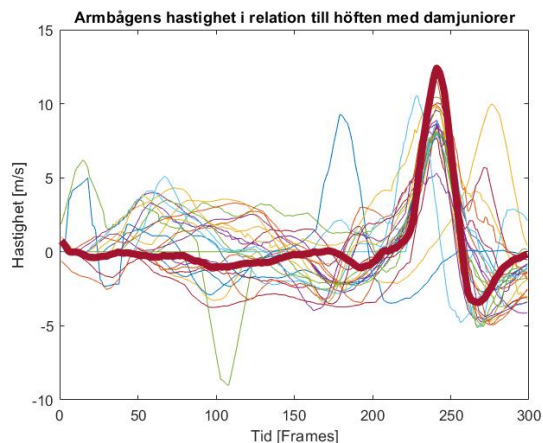
Figur E.31: Spelare 14 i P04 jämförd med damjuniorer



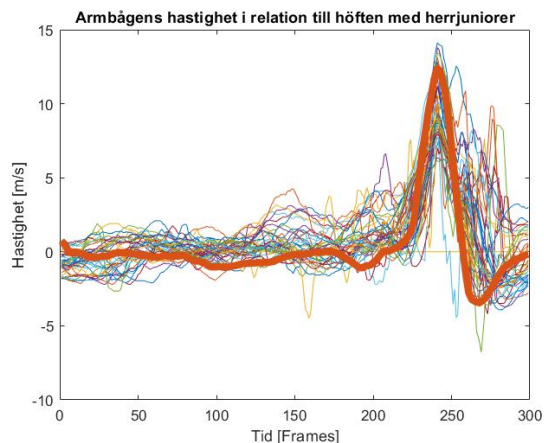
Figur E.32: Spelare 14 i P04 jämförd med herrjuniorer



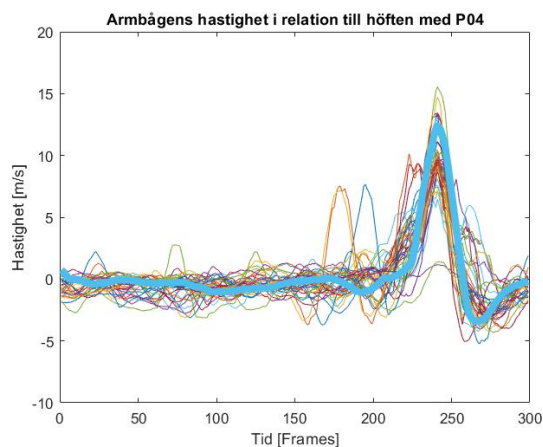
Figur E.33: Spelare 14 i P04 jämförd med P04



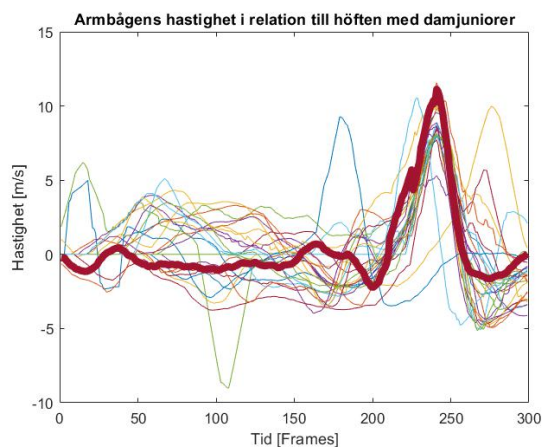
Figur E.34: Spelare 16 i P04 jämförd med damjuniorer



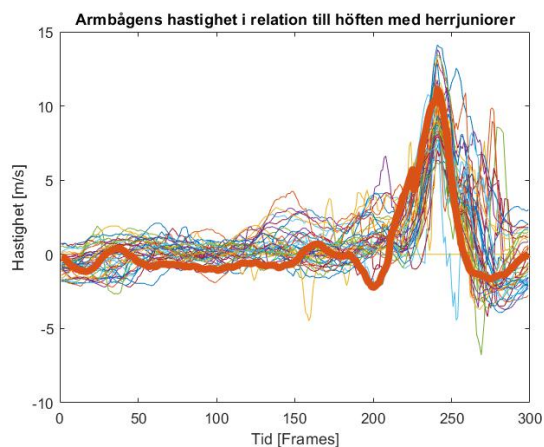
Figur E.35: Spelare 16 i P04 jämförd med herrjuniorer



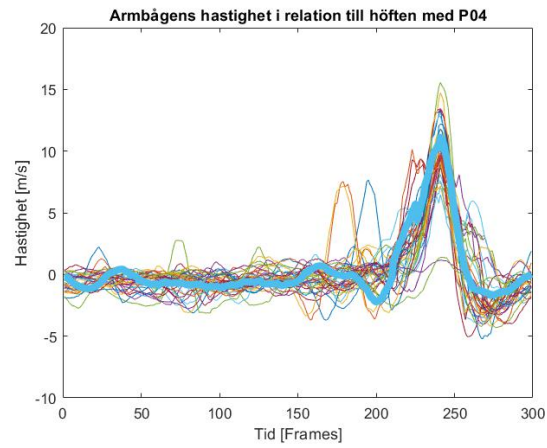
Figur E.36: Spelare 16 i P04 jämförd med P04



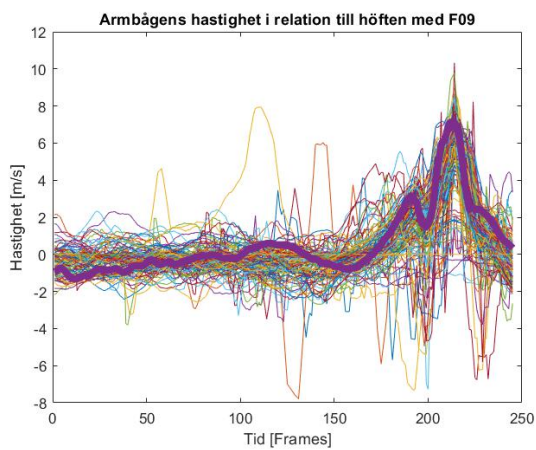
Figur E.37: Spelare 17 i P04 jämförd med damjuniorer



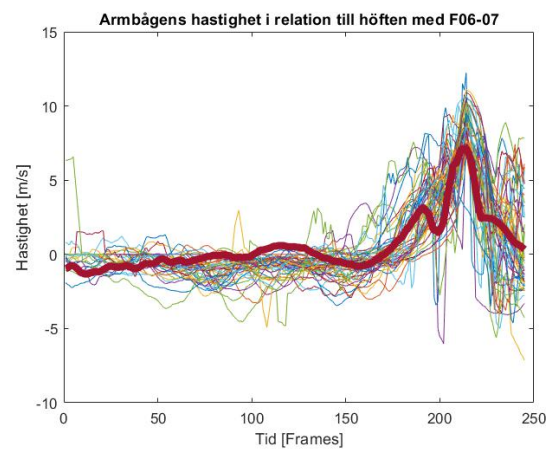
Figur E.38: Spelare 17 i P04 jämförd med herrjuniorer



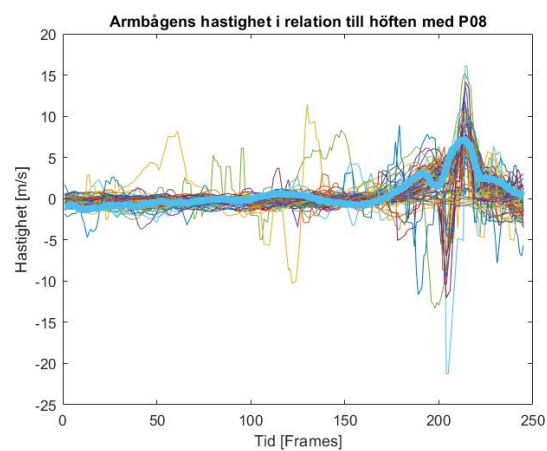
Figur E.39: Spelare 17 i P04 jämförd med P04



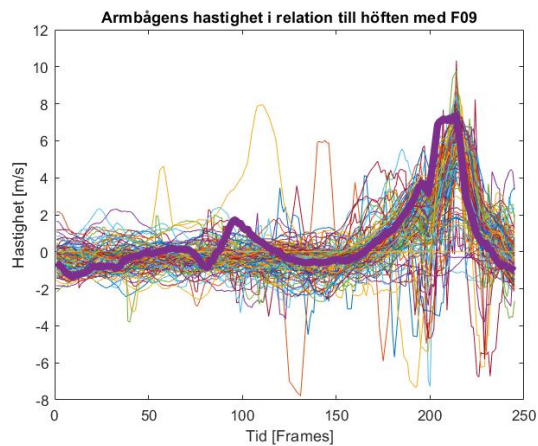
Figur E.40: Spelare två i F09 jämförd med F09



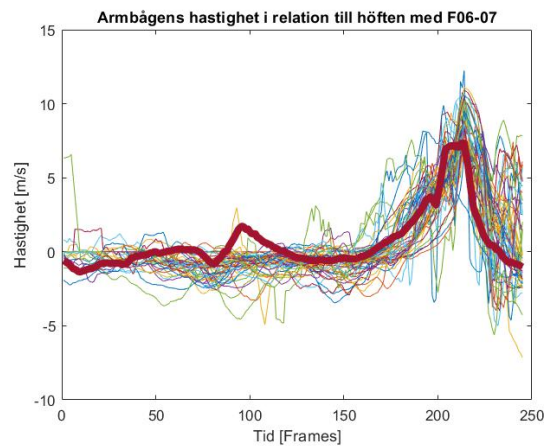
Figur E.41: Spelare två i F09 jämförd med F06/07



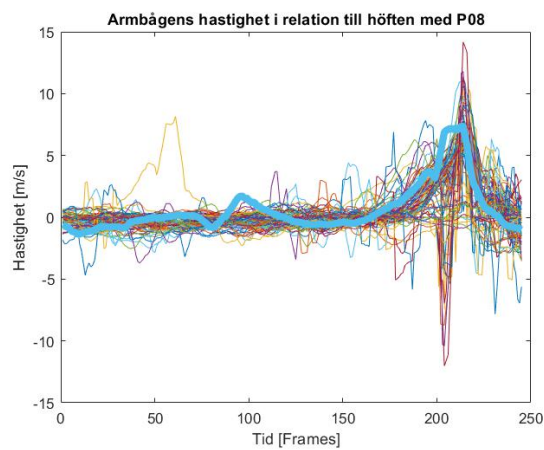
Figur E.42: Spelare två i F09 jämförd med P08



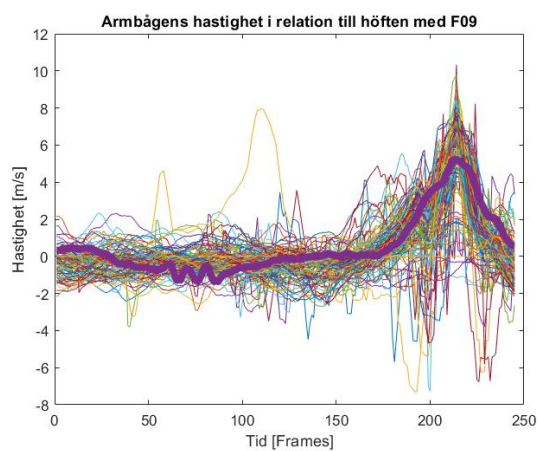
Figur E.43: Spelare åtta i F09 jämförd med F09



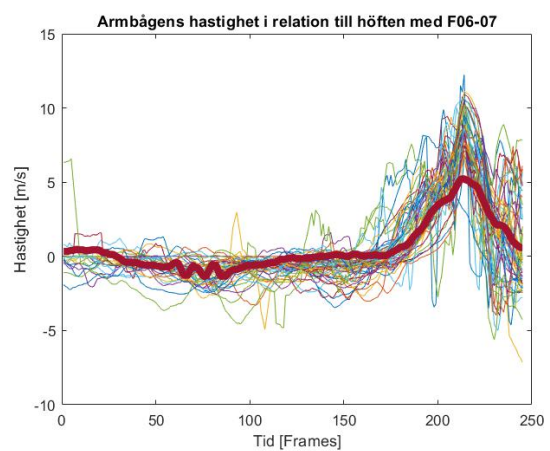
Figur E.44: Spelare åtta i F09 jämförd med F06/07



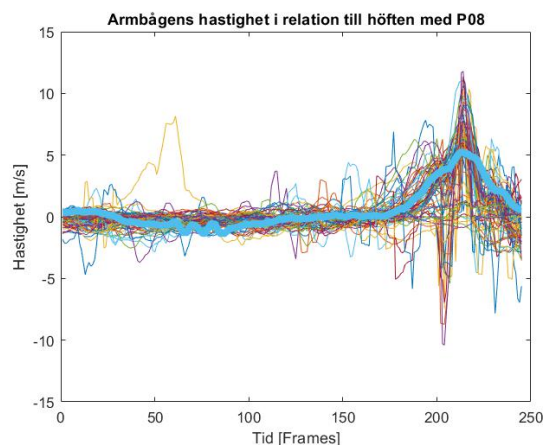
Figur E.45: Spelare åtta i F09 jämförd med P08



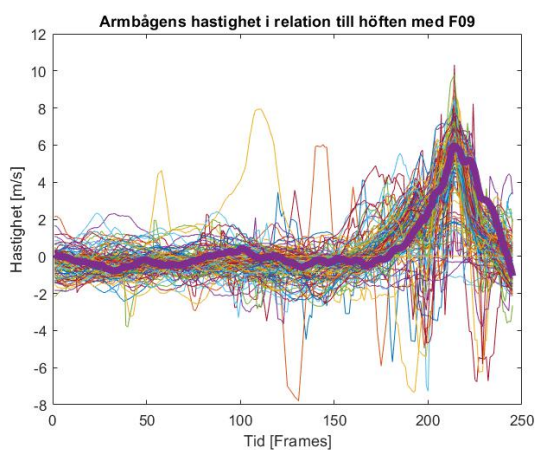
Figur E.46: Spelare 21 i F09 jämförd med F09



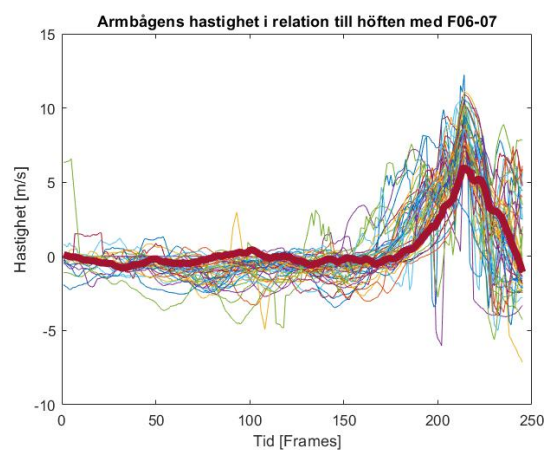
Figur E.47: Spelare 21 i F09 jämförd med F06/07



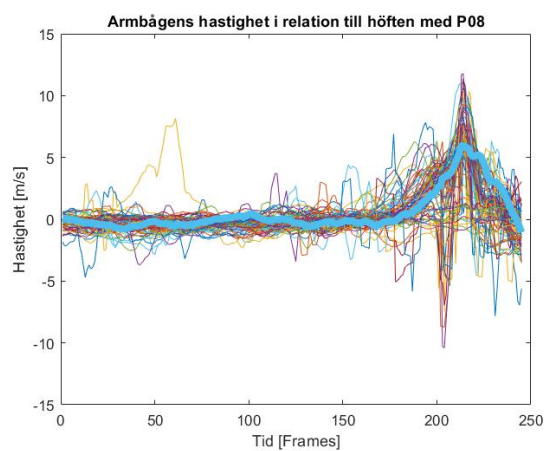
Figur E.48: Spelare 21 i F09 jämförd med P08



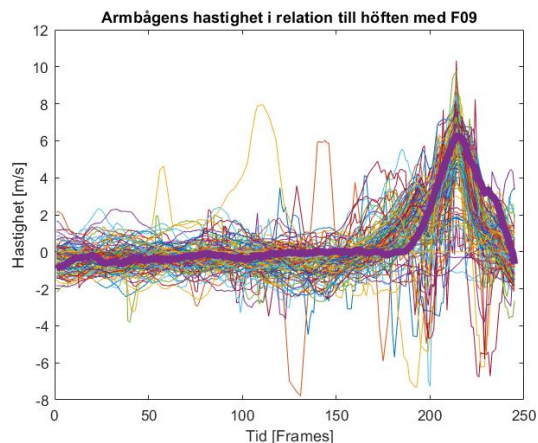
Figur E.49: Spelare ett i P08 jämförd med F09



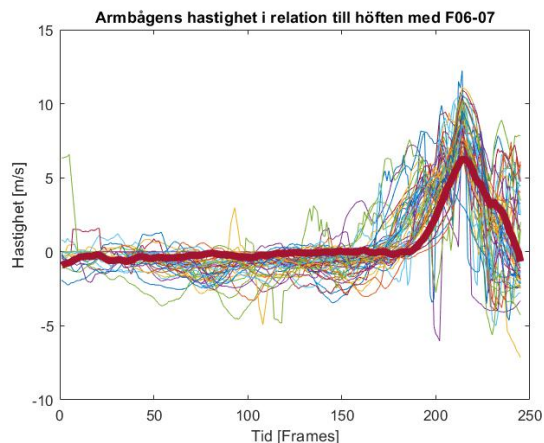
Figur E.50: Spelare ett i P08 jämförd med F06/07



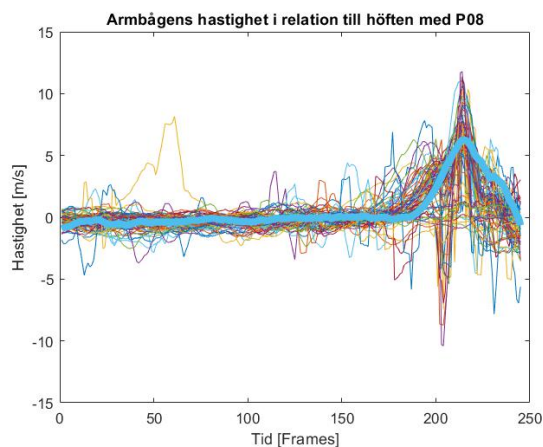
Figur E.51: Spelare ett i P08 jämförd med P08



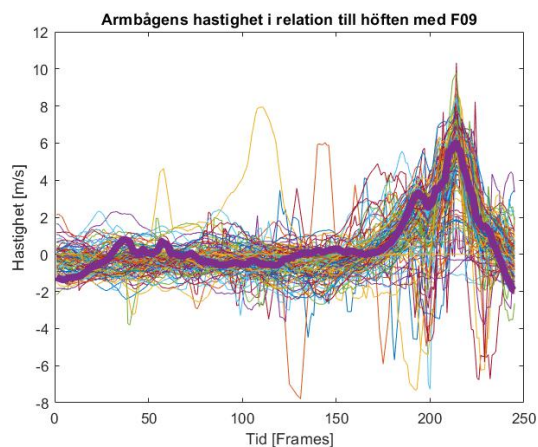
Figur E.52: Spelare fem i P08 jämförd med F09



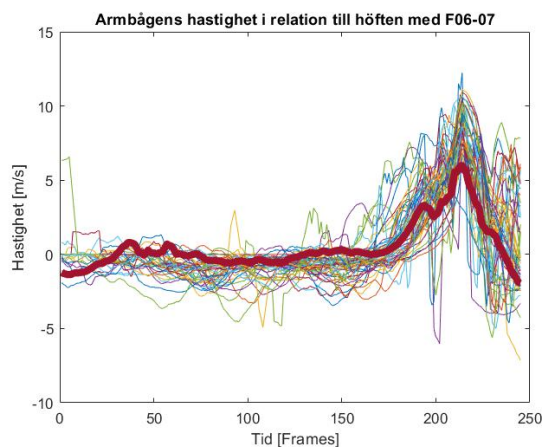
Figur E.53: Spelare fem i P08 jämförd med F06/07



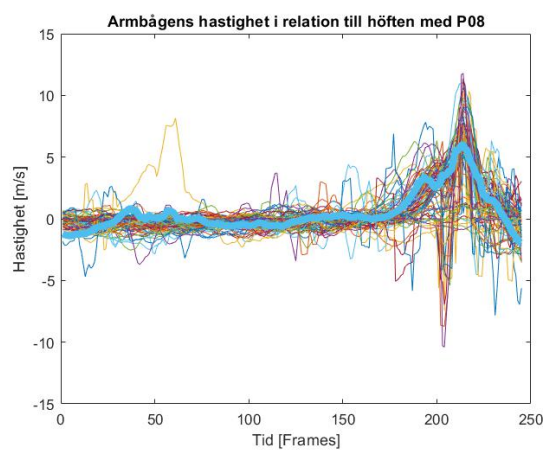
Figur E.54: Spelare fem i P08 jämförd med P08



Figur E.55: Spelare 15 i P08 jämförd med F09



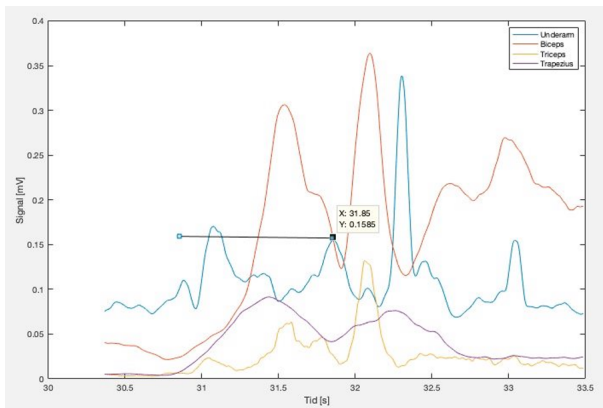
Figur E.56: Spelare 15 i P08 jämförd med F06/07



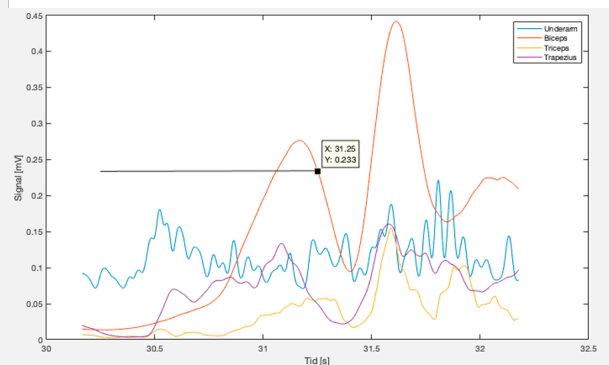
Figur E.57: Spelare 15 i P08 jämförd med P08

F

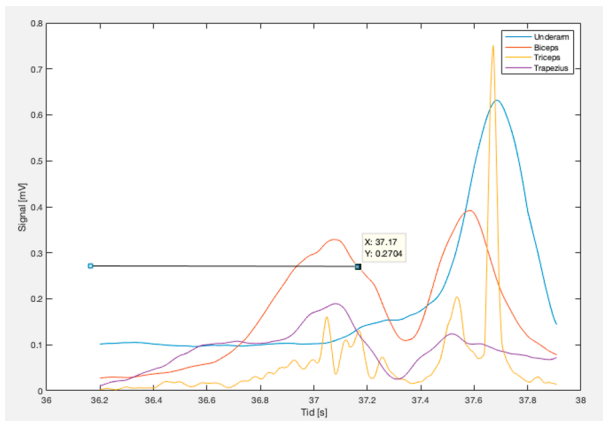
Elektromyografi: Extra grafer



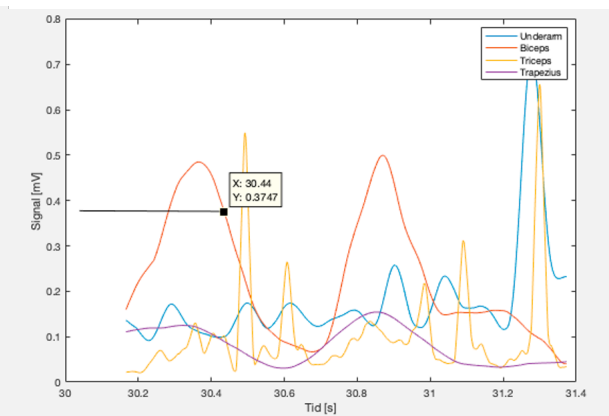
Figur F.1: F06/07 första EMG-mätning



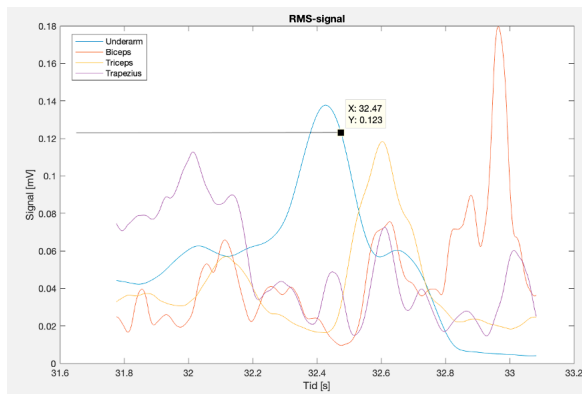
Figur F.2: F06/07 andra EMG-mätning



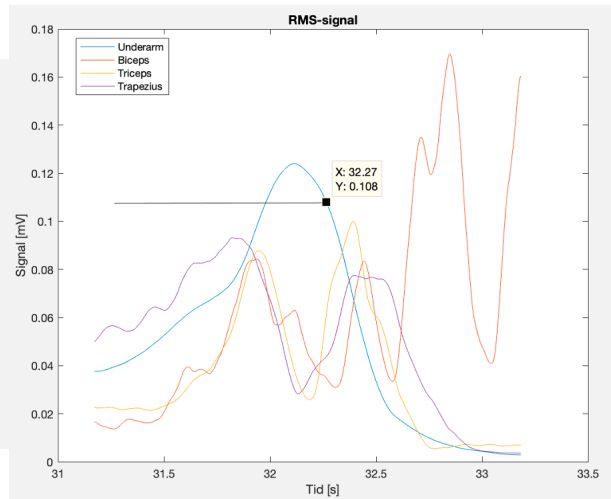
Figur F.3: F06/07 tredje EMG-mätning



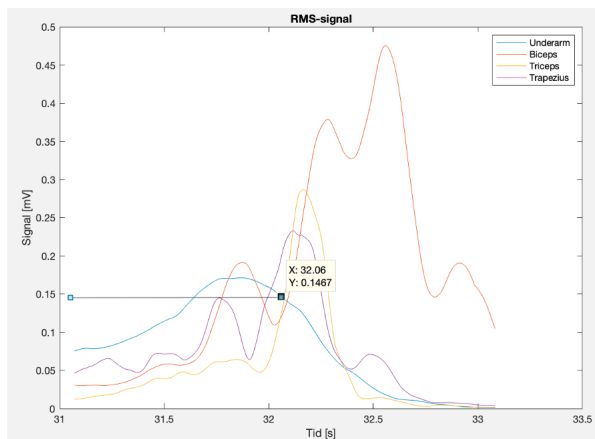
Figur F.4: F06/07 fjärde EMG-mätning



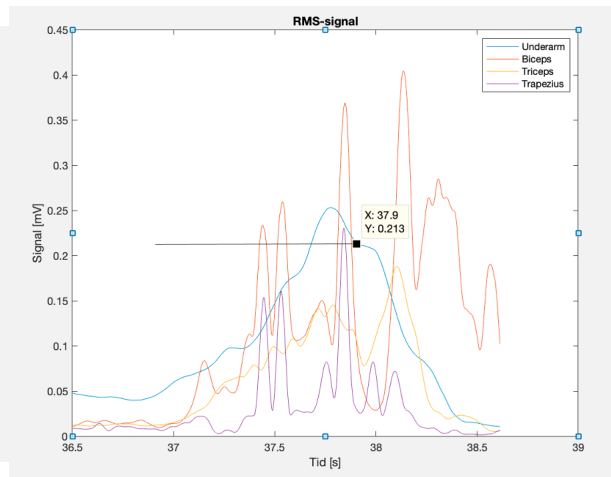
Figur F.5: herrjuniorers första EMG-mätning



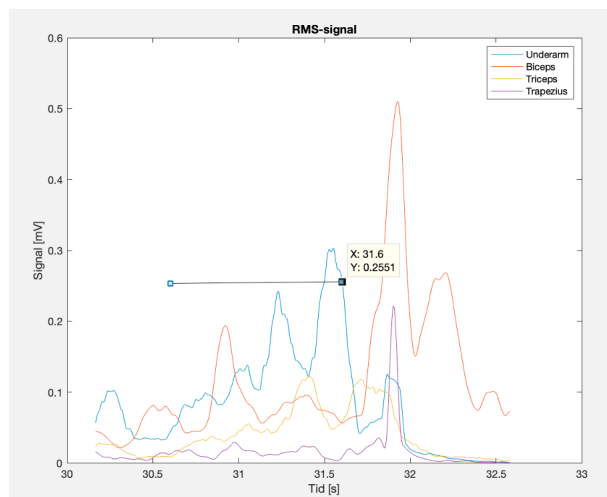
Figur F.6: herrjuniorers andra EMG-mätning



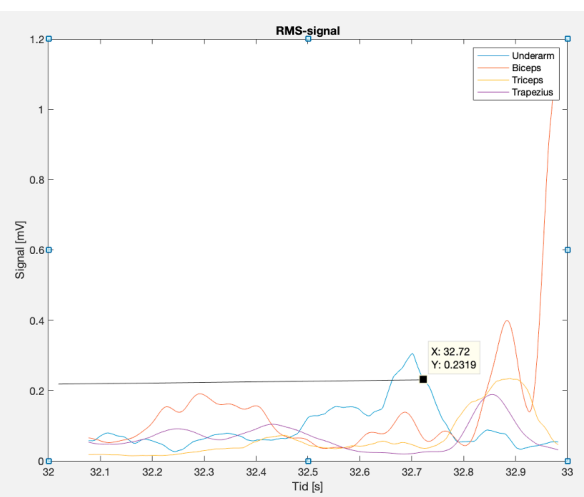
Figur F.7: herrjuniorers tredje EMG-mätning



Figur F.8: herrjuniorers sjunde EMG-mätning



Figur F.9: herrjuniorers nionde EMG-mätning



Figur F.10: herrjuniorers tionde EMG-mätning

G

Tacklista

Vi vill utbringa ett stort tack till alla de spelare och ledare från Redbergslids IK som var villiga att hjälpa till i denna studien. Utan er hade detta arbete inte varit möjligt.

Spelare:

Kaylee Abarca	Anton Hallin	Simon Morkvist Pub
Melina Adamidou	Emmy Hast	Indiana Morthens
Ludvig Alexandersson	Alfred Holm	Ina Mrkonja
Larisa Alispahic	Nellie Holm	Oscar Mårtensson
Emanuel Axén	Ellie Isaksson	Ellen Niklasson
Tage Barne	Artin Jafari Pardasti	Hilma Nordström
Tuva Berg	Fabian Jansen	Wilhelm Nystedt
Ada Björk	Filippa Johansson	Signe Olsson
Marcus Björkman	Julia Johnson	Linnea Olsson
Lovisa Brandeby	Hampus Jonsson	Bella Olsson
Rasmus Bååth	Rut Juhlin	Viktoria Pletikosa
Dalija Culum	Viktor Kajeve	Leah Rohdell
Emilia Djordjic	Filip Kajeve	Elvis Rose
Elvina Ekberg	Gustav Karlsson	Tilde Rundqvist
Elisa Ekberg	Linn Kolhäger-Persson	Wilma Ryden
Erik Ekdahl	Bojan Kostic	Amanda Sideby
Vincent Ekström	Kim Krohn	Hugo Siewertz
Selma Engelke	Ilma Kruse	Fabio Silva Perreira
Arvid Engström	Noah Larsson	Jacob Sjöberg
Molly Ericson	Viktor Lauritzen	Isak Steen
Noel Fagerlin	Tove Leijon Grip	Filippa Tepp
Tuva Fagerström Svensson	Elsa Leonardsson	Albin Ulff
Oscar Farberger	Adam Lindberg	BanaAl Umare
Michel Feliz Johansson	Albin Lindgren	Gabriella Vanhjal
Kenan Filipovic	Lilly Lundahl	Gabriel Veloso Friberg
Tamla Forslund	Thea Lundberg	Albin Wiklund
Bruno Gianneschi	Lii Lundqvist	Susanne Yrild
Tilda Goldkuhl	Colin Lundström	Marin Zovko
Kennan Hadi	Ines Martinez Johnsson	
Alma Halldorsdottir	Belma Memisevic	

Ledare:

Victor Andreasson

Therese Arvidsjö

Mats Bergström

Sofia Bodovic Olsson

Arvid Bååth

Amanda Daal

Niclas Ekström

Marcus Gianneschi

Eva Jakobsson

Linda Jerklöv-Edlind

Johnny Larsson

Maria Lundin

Filip Olausson

Pernilla Siewertz

Daniel Westerberg

Hanna Östling

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Gothenburg, Sweden

www.chalmers.se



CHALMERS