



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Utvärdering av mätsystem för belastning i gymnasters fotleder vid landning

Kandidatarbete inom Tillämpad Mekanik

Amundsson, Linnea
Bogren, Magdalena
Fasth, Sabiha

Axelsson, Rebecca
Dahl, Erik
Wetterberg, Sophia

KANDIDATARBETE 2017

Utvärdera mätsystem för belastning i gymnasters fotleder vid landning

I samarbete med Svenska Gymnastikförbundet
och Göteborgs Universitet

Amundsson, Linnea

Bogren, Magdalena

Fasth, Sabiha

Axelsson, Rebecca

Dahl, Erik

Wetterberg, Sophia



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Tillämpad Mekanik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

Utvärdering av mätsystem för belastning
i gymnasters fotleder vid landning
I samarbete med Svenska Gymnastikförbundet
och Göteborgs Universitet.

Amundsson, Linnea	Axelsson, Rebecca
Bogren, Magdalena	Dahl, Erik
Fasth, Sabiha	Wetterberg, Sophia

© L. Amundsson, R. Axelsson, M. Bogren, E. Dahl, S. Fasth, S. Wetterberg, 2017.

Handledare: Johan Davidsson, Institutionen för Tillämpad Mekanik
Examinator: Karin Brolin, Institutionen för Tillämpad Mekanik

Kandidatarb.nr: 2017:13
Institutionen för Tillämpad Mekanik
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg

Bild framsida: Två gymnaster i ett spagathopp.

Skriven i L^AT_EX
Göteborg, Sverige 2017

Abstract

This bachelor thesis studies the loads that the body of a gymnast endures during a landing. The aim of this report is to evaluate methods that can measure these loads. It is our hope that the result can and will be used in a way to reduce injury in gymnastics. The focus was chosen to be on the foot and ankle since those are the most vulnerable parts in landing, studying both forces and angles. We hope that the content of this report can be of relevance for further investigation in this area of injuries in sports. Preparing for the possibility to collect a bigger amount of data to analyse and hopefully, be of help to prevent injuries. The report contains a theory chapter that process anatomy, injury mechanisms and how the analyzing methods function. The report later process how the analyzing methods, film analysis (TEMA) and motion capturing (Qualisys), were used to meet the aim of the report. Alternative methods were developed but not processed. These methods can possibly be developed futher in a sequel to this bachelor thesis. Later in the report the results are presented from both motion capturing and film analysis in forms of tables and charts. The pros and cons of the methods are evaluated in the discussion chapter. Further on the report also processes other important factors such as the difficulty with finding background facts, ethics, measurment errors and how range of motion matters when measuring landing angels. In conclusion we found that further work and evaluation needs to be done in order to custom this measuring method to gymnasts. The project was produced in cooperation with the University of Gothenburg and the Swedish Gymnastics Federation.

Keywords: gymnastics, anatomy, injury, foot, ankle, force, angle, research.

Sammandrag

Detta examensarbete studerar de belastningar som en gymnasts kropp utsätts för under en landning från diverse hopp i gymnastik. Syftet med denna rapport är att utvärdera mätmetoder som kan mäta dessa laster. Förhoppningen är att innehållet kan och kommer att användas för att minska skador i gymnastik. Fokus valdes att läggas på fot och fotled eftersom de är de mest utsatta delarna i landningen, både kraft och vinklar studerades. Vi hoppas att innehållet i denna rapport kan vara av betydelse för vidare utredning på detta område av skador i sport. Förbereda för möjligheten att samla in en större mängd data för att analysera och förhoppningsvis vara till hjälp för att förebygga skador. Rapporten innehåller ett teorikapitel som behandlar anatomi, skademekanismer och hur analysmetoderna fungerar. Rapporten behandlar senare hur analysmetoderna, filmanalys och rörelseanalys användes för att uppfylla målet med rapporten. Alternativa metoder undersöktes men testades inte. Dessa metoder kan eventuellt utvecklas vidare i en uppföljare till detta kandidatarbete. Senare i rapporten presenteras resultaten från både rörelseanalys och filmanalys i form av tabeller och diagram. Fördelar och nackdelar med metoderna utvärderas i diskussionskapitlet. Där behandlar rapporten också andra viktiga aspekter som svårigheten i att hitta bakgrundsfakta, etik, mätfel och hur rörelseomfånget, skrivs ROM i rapporten, spelar roll vid landningsvinklarna. Sammanfattningsvis fann vi att ytterligare arbete och utvärdering måste göras för att anpassa denna mätmetod till gymnaster. Projektet producerades i samarbete med Göteborgs universitet och Svenska gymnastikförbundet.

Nyckelord: anatomi, ankel, forskning, fot, fotled, gymnastik, kraft, skada, vinkel.

Tillkännagivanden

Det är många personer vi vill tacka för den hjälp vi har fått, det är tack vare er hjälp som vi har kunnat utföra detta kandidatarbete. Först och främst vill vi tacka vår handledare, Johan Davidsson, forskare och föreläsare vid Tillämpad Mekanik, Chalmers Tekniska Högskola, för din handledning genom projektet. Vi vill även rikta tack till Pia Josephsson, Ordförande vid Svenska Gymnastikförbundet, för ditt engagemang, dina idéer och förslag, vilka hjälpt oss både med att komma igång med projektet samt vilken riktning gymnastikförbundet önskade att projektet skulle ta. Vi vill även tacka Andreas Zachrisson, doktorand vid Göteborgs Universitet, för din hjälp med Qualisys och din tid med oss i GU-laboratoriet. Tack Natalie Barker, forskare vid Göteborgs Universitet, för din hjälp och ditt engagemang. Tack till Johan Fintland, specialist in Orthopaedic Surgery, Mölndals och Sahlgrenska sjukhuset i Göteborg, och Anna-Karin Wikström, legitimerad sjukgymnast vid Idrottsmedicinska kliniken på Bosön, för era svar på de frågor vi haft. Vi vill tacka Gretchen Barker som hjälpt till med förståelse och handledning genom filmanalysprogrammet TEMA. Vi vill även tacka Dan Kuylensstierna, forskare inom mikrovågselektronik, Mikroteknologi och Nanovetenskap vid Chalmers Tekniska Högskola, för din expertis och hjälp med förståelse och information kring sensorer och hur dessa är uppbyggda. Till sist vill vi även rikta tack till Sophia Wetterberg, gymnastiktränare i Öjersjö gymnastikförening, samt dina gymnaster som ställde upp från Öjersjö GF med att genomföra tester i sportlabbet. Samt tack till Robert Andersson, ordförande och gymnastiktränare i gymnastikföreningen Kennedy i Göteborg, samt dina gymnaster som ställde upp på att bli filmade under sin gymnastikträning med markörer på kroppen.

Amundsson Linnea, Axelsson Rebecca, Bogren Magdalena,
Dahl Erik, Fasth Sabiha, Wetterberg Sophia
Göteborg, Maj 2017

Innehåll

Figurer	xiii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och Avgränsning	2
1.3 Metod och material	3
2 Teori	5
2.1 Gymnastikdisciplin	5
2.2 Anatomi	5
2.2.1 Fotleden	6
2.2.1.1 Fotens skelett	7
2.2.1.2 Ligament och bindväv	8
2.2.2 Muskler	9
2.2.3 Fotledens rörelsemönster	11
2.3 Skademekanismer	13
2.3.1 Fotledsdistortion	13
2.3.2 Hälsporre	15
2.3.3 Överbelastningsskador	15
2.4 Tidigare studier om biomekanik	16
2.5 Mättekniker	18
2.5.1 Rörelseanalys	18
2.5.2 Videoanalys	18
2.5.3 Accelerometer	19
2.5.4 Lastcell	19
2.5.5 Trådtöjningsgivare	19
2.5.6 Gyroskop	20
2.5.7 Rotationshastighetssensorer	20
2.5.8 Tidigare studie om mätteknik	20
3 Utförande av praktiskt testade mätmetoder	21
3.1 Rörelseanalys i Qualisys samt mätning av kraft i MARS	21
3.2 Videoanalys i TEMA	23
4 Resultat	25
4.1 Rörelseanalys med Qualisys	25

4.2	Videoanalys med TEMA	26
5	Diskussion	29
5.1	Röresleanalys i Qualisys	29
5.2	Videoanalys i TEMA	30
5.3	Vidare utveckling och utvärdering av oprövade metoder	31
5.4	Framtida mätmetod	32
5.5	Etik	33
5.6	Överbelastningsskador	34
5.7	Brist på förarbeten	35
5.8	Range of Motion	36
6	Slutsats	37
	Litteraturförteckning	39
A	Samarbeten	I
A.1	Svenska Gymnastikförbundet	I
A.2	Göteborgs Universitet	I
A.3	Gymnastikföreningar	II
B	Medgivandeblankett för filmstudie	III
B.1	Medgivande för filmstudie	III
B.2	Medgivande om sensorstudie på GU	V
C	Resultat från TEMA	VII

Figurer

2.1	Det rödmarkerade, mindre benet i smalbenet kallas Fibula och det vita, främre benet i smalbenet kallas Tibia, (Anatomography, 2013).	7
2.2	Fotens skelett. (ImageQuest, 2017)	7
2.3	Ligamentetn på fotledens utsida. Det främre lig. talo-fibulare anterior, det mellersta lig. calcaneo-fibulare och det bakre lig. talo-fibulare posterior. (ImageQuest., 2017b)	8
2.4	Senan Peroneus Brevis, belägen bakom den yttre fotknölen (Grey, 1918)	9
2.5	Plantar Fascia, (ImageQuest., 2017a)	9
2.6	Kroppens vridningsplan (Physiology, 2017b)	11
2.7	Dorsal- och plantarflexion (Physiology, 2017a)	12
2.8	Inversion och eversion, (OpenStax College, 2017)	12
2.9	Pronation och supination, (Commons, 2017)	13
3.1	Bild från GU laboratoriet: Visar placering av markörer från midjan och nedåt	22
3.2	Bild från Qualisys: Markörers placering	22
3.3	Bild från Qualisys: Fotens markörer samt markörernas namn	23
3.4	Markörernas position på en gymnast	24
4.1	Resultat från Qualisys och MARS. Streck innebär att kraft eller vinkel ej uppmätts av antingen utrustningsfel eller att gymnasten ej utfört momentet.	25
4.2	Diagram över krafter som uppmätts vid olika moment	26
C.1	Gymnast 1. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln	VII
C.2	Gymnast 1. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln	VII
C.3	Gymnast 2. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln	VIII
C.4	Gymnast 3. Landning baklänges efter en rondat. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln	VIII
C.5	Gymnast 3. Landning baklänges efter en rondat. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln	VIII

Ordlista

Abduktion Vridning i sidled bort från kroppens centrumlinje.

Adduktion Vridning i sidled in mot kroppens centrumlinje.

Antagonist En muskel som verkar i motsatt riktning mot en annan muskel.

Anterior Främre, exempelvis främre delen av foten.

Dorsalflexion När foten vinklas uppåt mot smalbenet.

Distorsion Stukning eller vrickning.

Eversion Undersidan av foten rotteras utåt, bort från centrumlinjen.

Flick-flack En handvolt fast baklänges.

Inversion Undersidan av foten vänder sig in mot kroppens centrumlinje.

Isometrisk muskelstyrka Ett mått på den kraft vi kan utveckla i våra muskler m.a.o hur stark muskeln är

Lateral/distal Beskriver något som är beläget i riktning bort/längst bort från centrumlinjen av kroppen, exempelvis utsidan av foten.

Ligament Ledband, en förstärkande bandstruktur som kopplar samman ben med andra ben vid en led.

Medial/Proximal Beskriver något som är beläget i riktning in mot/nära kroppens centrumlinje, exempelvis insidan av foten.

Metatarsofalangeallederna Den led som binder samman tåfalangerna med metatarsalbenen.

Pronation En kombination av tre rörelserna dorsalflexion, abduktion och eversion.

Plantarfascia Fotvalvsplattan, bindväven längs fotsulan.

Plantarflexion Motsatsen till dorsalflexion.

Posterior Bakre, exempelvis baksidan av foten.

ROM (Rörelseomfång) Range of motion. Sträcka och riktning leder kan röra sig mellan plantar och dorsalflexion utan yttre belastningar.

Rondat Som en hjulning fast man slår ihop benen vid handståendet och vrider kroppen så att landningen sker baklänges.

Salto En grupperad volt i luften som sker bakåt.

Sena Band av bindväv som binder samman skelettmuskler med skelettets ben.

Supination En kombination av de tre rörelserna plantarflexion, adduktion och inversion.

Synovialleder Kallas för äkta led. Ett samlingsnamn för de olika typer av leder som finns i kroppen, ex kulled, vridled och gångjärnsled.

1

Inledning

Gymnastik är en sport med hög skaderisk där skada i många fall uppstår redan i unga år och kan bestå livet ut (Karlsson, 2007). För att på sikt kunna förebygga skador, genom att till exempel ändra materialet i landningsgolvet eller möjligtvis påverka regelverket, måste ett system som kan mäta vilken belastning gymnasternas kroppar utsätts för vid landning tas fram. Orsaken till varför gymnastiken kantas av många skador är dock inte helt självklar. Är det krafterna vilka kropparna utsätts för vid landning som är orsaken till majoriteten av skadorna eller är det fotledens vinkel vid landning som ger upphov till skada? Är det tränare som låter gymnaster byta landningsunderlag för tidigt i deras utveckling, innan den rätta tekniken bemästras, eller den snabba upptrappningen av träningsmängd i för unga år? Dessa är några av de frågor som kommer behandlas under rapporten.

I dagsläget finns ingen metod för att mäta när skada kan eller kommer uppstå, det finns inte heller forskning på vilka faktorer som bidrar till att gymnaster får skador. Svenska Gymnastikförbundet är medvetna om problemen och efterfrågar nu en mätmetod för att mäta belastningar på gymnasterna kroppar för att kunna förebygga skador inom gymnastiken.

1.1 Bakgrund

Sveriges Radio har genomfört en undresökning där ungdomar som råkat ut för allvarliga sportrelaterade skador, varav en tidigare skadad gymnast, samt idrottsläkare blivit intervjuad (SverigesRadio, 2017). Undersökningen visade att skador i fötter, knän och ländrygg är vanliga problem inom gymnastiken och att överbelastningsskador blir allt vanligare hos barn och ungdomar. Att träna eller tävla trots smärta och sjukdom är inte bara ett problem inom gymnastik, utan blir vanligare inom all barnidrott och det finns olika teorier om varför skadestatistiken ökar. Vissa menar att det är för många träningstimmar varje vecka, vissa menar att det beror på utebliven vardagsmotion i unga år som bidragit till att barn inte är grundtränade på samma sätt som tidigare. På kvinnliga gymnaster finns tydliga kroppsliga faktorer som indikerar överträning, exempelvis försenad pubertet och utebliven menstruation.

Truppgymnastik är idag den mest populära gymnastikdisciplin med överlägset flest antal utövare. Antalet gymnaster inom denna disciplin har med åren ökat

och det har även antalet skadade gymnaster gjort. Enligt en studie gjord vid Oslo Sport Trauma Research Center, (Lund och Myklebust, 2011), uppstår majoriteten av skadorna inom trupp gymnastiken under träning. 70 % av dessa skador uppstår i nedre delen av kroppen varav 50 % av dessa i fotleden. Det mest kritiska området är landningsprocessen i grenarna tumbling och trampett. Skador i fötter eller anklar är vanligt förekommande inom gymnastiken och en stukad fot tas ofta för att vara en "lätt" skada.

Vid en stukning, där ligamenten på utsidan av foten skadas, är 75-80 % av fallen återfall från en tidigare stukning (Gudiol, 2008). Detta beror på att skadorna på ligamenten inte hunnit läka till 100 % innan träningen återigen påbörjas, vilket i sin tur resulterar i att ligamentet förblir uttöjt. Utan ordentlig rehabilitering hinner inte musklerna runt omkring byggas upp och hinner inte heller att anpassa sig för att fungera som kompensation för det uttöjda ligamentet, vilket ökar risken för att stuka foten snart igen. Enligt Gudiol är den rekommenderade rehabiliteringstiden för en fotledsskada minst 12 veckor samt att tejpning och stöd ska användas i 3-6 månader efter skadan. Tejpade fötter är något som ofta syns på gymnaster men att fullfölja ett ordentligt rehabiliteringsprogram förekommer sällan. Den vanligaste genomförda rehabiliteringstiden är mindre än 3 veckor, enligt en studie som genomfördes för ett examensarbete vid Karolinska Institutet (Säfström och Särnbratt Fransson, n.d.).

I undersökningen, som tidigare nämnts, gjord av Sveriges radio påpekas att mycket kritik riktas mot tränarna i och med att antalet skador ökar. De flesta tränare inom gymnastik saknar en medicinsk bakgrund vilket många gånger kan leda till en missbedömning av hur allvarlig en skada egentligen är. I många fall inser inte gymnasterna själva att skadan är allvarlig och meddelar därför inte tränaren om smärta. Det är först när smärtan övergår till kronisk smärta och påverkar träningsförmågan som den uppmärksammas och börjar hanteras. Att skadorna inte behandlas i rätt tid bidrar i många fall till att de blir allvarligare och med tiden svårare att behandla. Detta är en stor bidragande faktor till att skadorna som uppstår i unga år består livet ut, oberoende av sport. Gymnastikförbundet vill nu utveckla ett mätinstrument som kan indikera skada eller risk för skada, för att hjälpa tränare och minska skadestatistiken inom gymnastiken.

1.2 Syfte och Avgränsning

Syftet med detta kandidatarbete är att utifrån inhämtad biomekanik rekommendera vilka parametrar som skall mätas och därefter utvärdera metoder som ska kunna mäta belastningen på fotleden under landning inom gymnastik. Projektet syftade till att utvärdera om de valda mätmetoderna kommer att kunna användas i praktiken, på träning eller tävling, och om den kommer kunna ge tränarna eller utövaren någon relevant information. Den maximala kraften som gymnasterna förväntades klara kartlades inte då detta är allt för individuellt.

Genom litteraturstudier valdes fotleden som avgränsning. Fotledsskador är vanligt förekommande inom gymnastik och kan i många fall vara grunden till följdskador på exempelvis rygg och knä. Om fotledsskador reduceras innebär det att dessa följdskador minskas, därav ansågs fotleden vara en bra kroppdel att börja undersöka. Foten är dock mycket komplex och detta arbete går ej in i detalj på alla delar i fotledens struktur utan behandlar endast de ben, leder, muskler och ligament som vanligtvis är inblandade vid skador.

Kandidatarbetet fokuserade på trupp gymnastik, då detta är den största disciplinen inom gymnastik och därför studerades endast utövare inom denna grupp. Mätmetoderna som har undersökts kommer med stor sannolikhet att kunna användas även inom andra discipliner.

Mätningar har utförts i ett sportlaboratorium på Göteborgs Universitet och refereras till som GU-laboratoriet i fortsättningen av denna rapport. Den begränsade golvytan som fanns samt bristen på gymnastikutrustning blev ytterligare en avgränsning, gymnasterna fick utföra övningar med endast tunna mattor som landningsunderlag. Detta innebar att krafterna som uppmättes under försöken inte uppnådde lika höga värden som de krafter som uppstår under träning eller tävling, där gymnasterna både har högre fart och kommer högre upp i luften. Den mätutrustning som användes på GU-laboratoriet kan inte flyttas utanför laboratoriet utan en GoPro-kamera fick användas för att filma gymnaster under träningstillfälle i en gymnastikhall. Varken i laboratoriet eller under fältstudierna togs gymnasternas dagsform i beaktning.

1.3 Metod och material

För att få en större förståelse för skadeproblemet inom gymnastiken inleddes arbetet med att ta kontakt med Svenska Gymnastikförbundet samt läsa rapporter där fältstudier gjorts för att fastställa de vanligaste skadorna. Information om alla samarbeten återfinns under appendix A. Därefter påbörjades en period med litteraturstudier för att skapa förståelse för fotens uppbyggnad, rörelsemönster och skadeproblematik.

För att analysera gymnasternas rörelse och kraft under landningsprocessen användes två tillvägagångssätt. Först filmades och fotograferades gymnaster med en kamera (GoPro version hero 5 Black, GoPro Inc. San Mateo, Kalifornien, USA) under trampett- och tumblingträning på två av GF Kennedys träningar, för gymnaster i åldrarna 15-19 år. Kameran placerades på olika avstånd och platser, vinkelrätt mot gymnasternas bana, med syfte att fånga fötterna vid landning. Filmmaterialet analyserades senare med hjälp av programvaran TEMA Automotive 3D version 3.8-017 för att identifiera gymnasternas rörelser.

Mätningarna som utfördes i GU-laboratoriet genomfördes för att kunna mäta vilka krafter samt vinklar som fötterna utsätts för under landningen. Gymnaster

från från Öjerjö GF var testpersoner i laboratoriet och fick utföra ett antal olika övningar. Dessa övningar generade följande landningstyper: framåtböjd, bakåtlutad och upprätt landning. Landningen skedde på en kraftplatta för att mäta kraften som uppstår. De uppmätta krafterna redovisades därefter som ett diagram i programmet MARS och landningskraften kunde noteras. Rörelsemönstret studerades även genom höghastighetskameror där fokus låg på fotens rörelse och vinkelförändring.

För att kunna utvärdera och jämföra ovanstående mätmetoder med alternativa mätmetoder så undersöktes ytterligare mättekniker teoretiskt utan att testas i praktiken.

2

Teori

I följande avsnitt redogör rapporten den bakgrundsfakta som krävs för att kunna förstå och utvärdera en mätmetod. Nedan presenteras information om gymnastikdiscipliner, anatomi, skademekanismer samt olika typer av mättekniker.

2.1 Gymnastikdisciplin

Inom gymnastik finns det många olika discipliner varav de vanligaste är trupp-gymnastik, artistisk gymnastik, rytmisk gymnastik, trampolin och hopprep. Inom varje disciplin ingår olika grenar och många olika övningar. Den största gymnastikdisciplinen är trupp-gymnastik med ca 27 000 utövare som tävlar i Sverige år 2014, medan inom den näst största disciplinen, artistisk gymnastik, var det ca 2 000 tävlande utövare samma år (Gymnastikförbundet, 2017).

Trupp-gymnastik är en gren av gymnastik där träning och tävling sker i grupp. I trupp-gymnastik är tävlingsgrenarna: trampett, tumbling och fristående (Gustafsson, 2017). Inom grenen trampett springer gymnasten fram till en trampett (liten trampolin), som gymnasten hoppar på för att sedan landa på en tjockare matta, landningsmatta. Tumbling är en gren där gymnasten istället springer på ett tumblinggolv (en slags matta med svikt) och utför flera olika övningar i följd. Grenen fristående kan beskrivas som en dans med gymnastiska moment som till exempel balanser, hopp och volter som skall göras i takt med resterande gymnaster i samma lag. En tävlingsgrupp består av 6-20 gymnaster beroende på ålder och svårighetsnivå på tävlingen. Vid lägre svårighetsnivå på övningarna och yngre åldrar på utövarna tillåts vanligtvis större tävlingslag. Vid högre åldrar och högre svårighetsgrad består tävlingslagen av färre antal gymnaster.

2.2 Anatomi

Inom gymnastik samverkar många av kroppens alla muskler under utövande. Kroppen är uppbyggd av muskler, ben och leder som kan brista vid hård belast-

ning. Inom gymnastik utsätts kroppen för påfrestning på grund av de höga krafter som uppstår, de kroppsdelar som tar mest skada av dessa krafter är rygg, knän och fötter. Som ovan nämnt är fotleden den kroppsdel som rapporten behandlar och därför beskrivs några av de skador som är kopplade till foten. Vanligt förekommande skador hos gymnaster är fotledsdisortion, hälsporre och benhinneinflammation, vilka kommer att presenteras vidare i påföljande delkapitel. För att förstå hur dessa skador uppkommer och på vilket sätt foten skadas behövs en förståelse för hur foten är uppbyggd. Då foten är en komplex kroppsdel kommer endast de delar av fotens uppbyggnad som påverkas vid dessa skador att behandlas.

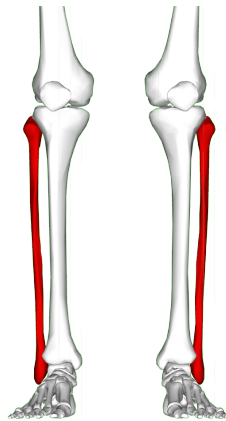
De två viktigaste egenskaperna för att en människa ska kunna gå är stötdämpning och frånskjutsförmåga (Fotcentrum, n.d.). Foten måste vara flexibel och mjuk för bra stötdämpning samtidigt som den behöver vara stadig och stel för att få ett effektivt frånskjut. För att dessa två egenskaper ska uppfyllas finns det två fotvalv som hålls på plats med hjälp av ligament och senor. Det inre fotvalvet, även kallad hålfoten, är flexibelt och verkar stötdämpande medan det yttre fotvalvet, som ligger längs med fotens yttre rand, är stelt och bildar en hävstång. Under de olika faserna i fotsteget kommer foten att växla mellan dessa två valv och på så sätt skapa ett kraftfullt steg.

En ytterligare viktig egenskap är att dessa fotvalv fördelar kroppens vikt över fotens mjuka och hårda vävnader (Derrickson och Tortora, 2011). Hälen är den del som bär den största vikten, runt 60%, medan trampdynan bär ungefär 40%.

2.2.1 Fotleden

Foten och fotleden har komplexa anatomiska strukturer där 26 ben, 33 synovialleder, 19 muskler och över 100 ligament arbetar tillsammans för att skapa stabilitet, balans och rörlighet (MedicineNet, 2016). Foten kan delas upp i tre regioner: framfoten, mellanfoten och bakfoten där bakfoten, som bland annat består av två ben Talus (språngbenet) och Calcaneus (hälbenet), binder samman foten med benet (Hård af Segerstad, 2014). Talus är det ben som genom fotleden överför krafterna från foten vidare till benet, medan Calcaneus är det ben som hälsenan och plantarfascian fäster vid.

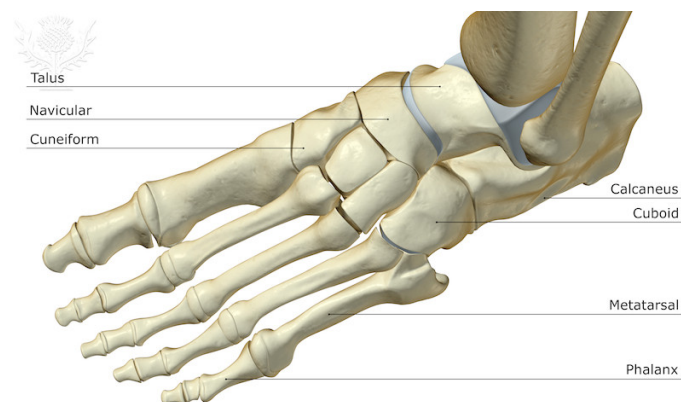
Då hälbenet Calcaneus är sammankopplat genom ligament till smalbenets två ben, Tibia och Fibula, anses dessa relevanta för förståelsen över hur leden är sammankopplad och kommer således att ingå i denna rapport. Tibia är ett kraftigt ben som sitter på framsidan medan Fibula är tunnare och sitter på baksidan (Putz och Pabst, 2006), se bild 2.1.



Figur 2.1: Det rödmarkerade, mindre benet i smalbenet kallas Fibula och det vita, främre benet i smalbenet kallas Tibia, (Anatomography, 2013).

2.2.1.1 Fotens skelett

Tarsalbenen, metatarsalbenen samt falangerna är de tre grupper som fotens skelett delas upp i. Som ovan nämnt delas foten som helhet in i tre huvudgrupper, där Tarsalbenen ingår i bakfoten, metatarsalbenen i mellanfoten och falangerna i framfoten. Bild 2.2 nedan illustrerar hur fotens skelett ser ut samt namnen på några av benen.



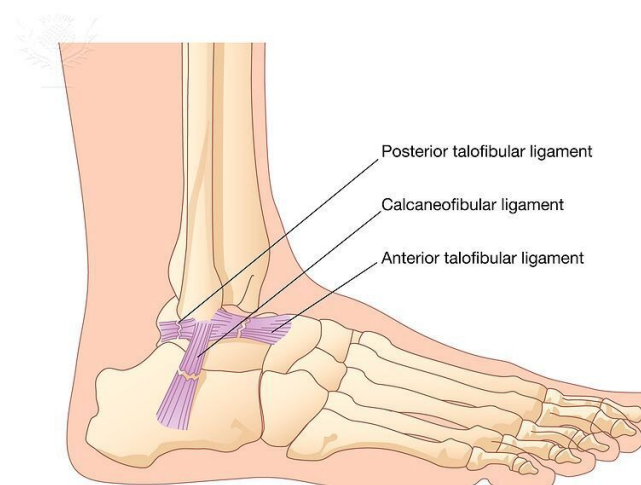
Figur 2.2: Fotens skelett. (ImageQuest, 2017)

De två bakre tarsalbenen är Calcaneus och Talus. Calcaneus som är det största benet i foten, har en rund form och är ett par centimeter hög. Ovanför detta ben sitter Talus, det näst största benet i foten, med en överdel som även den har en cylindrisk form (Sonesson, 1993). Benen är konstruerade för att kunna bära upp kroppsvikten och behöver därför vara extra kraftiga. Framför Calcaneus ligger det kubformade tärningsbenet Cuboideum som gränsar till de två laterala metatarsalbenen i mellanfoten (Anatomifysiologi, 2017).

Det finns många fler ben i foten som denna rapport inte beskriver då de inte är av betydelse för de skador som behandlas i kommande kapitel.

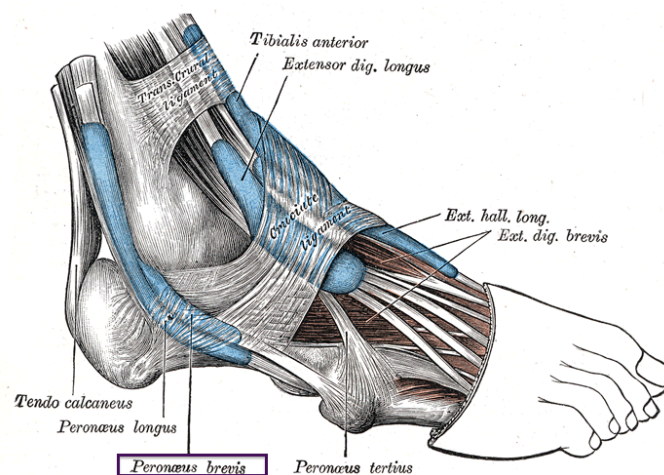
2.2.1.2 Ligament och bindväv

Runt fotleden finns fyra större ligament som förstärker leden, varav tre av ligamenten ligger på utsidan av fotleden, se bild 2.3 nedan. Det kraftigaste och starkaste ligamentet, Lig deltoideum, ligger på fotledens insida, (IFK-Kliniken, 2017a). Detta ligament skadas sällan, dels tack vare dess bredd men även för att det ligger i två skikt, ett ytligt och ett djupt, vilket gör ligamentet mycket starkt. På fotledens utsida ligger därför de ligament som står för den största delen av de ligamentskador som uppstår. Vid en ruptur är det ligamentet som ligger mellan Fibula och Talus, det vill säga det främre ligamentet, lig. talo-fibulare anterior, som skadas först (Karlsson, 2007). Det är även detta ligament som har störst betydelse för fotens stabilitet. Det ligament som skadas därefter är det mellersta ligamentet, lig. calcaneo-fibulare, den ligger mellan Calcaneus och Fibula. Det bakre ligamentet, lig. talo-fibulare posterior, ligger mellan Talus och Fibula. En skada på detta ligamentet är mycket sällsynt.



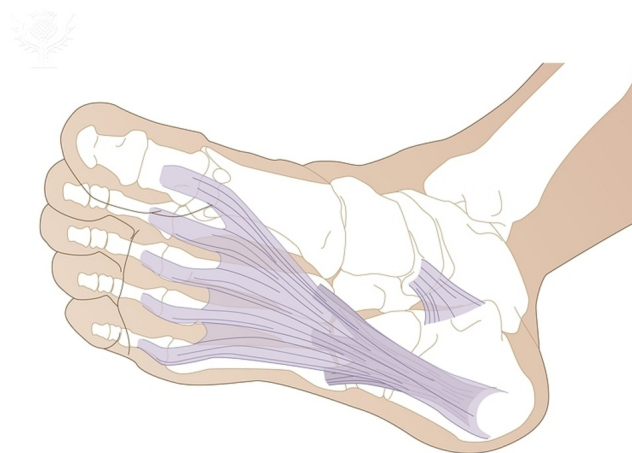
Figur 2.3: Ligamentetn på fotledens utsida. Det främre lig. talo-fibulare anterior, det mellersta lig. calcaneo-fibulare och det bakre lig. talo-fibulare posterior. (ImageQuest., 2017b)

En sena som ofta skadas efter återkommande stukningar är Peroneus Brevis. Den ligger belägen, som bilden 2.4 visar nedan, på utsidan av foten. Den utgår från peroneusmuskelnerna, se vidare under 2.2.2 Muskler, och går ner bakom den yttre fotknölen (laterala malleolen), enligt mailkonversation med Johan Fintland (personlig kommunikation, 07-03-2017).



Figur 2.4: Senan Peroneus Brevis, belägen bakom den yttre fotknölen (Grey, 1918)

På undersidan av foten finns ett starkt bindvävsstråk, (Draghi m. fl., 2017). Det har sitt fäste i Calcaneus och sträcker sig vidare ut till metatarsofalangeallederna i var och en utav tårna, detta illustreras i bild 2.5. Denna bindväv kallas Plantar Fascia och har som huvudsaklig uppgift att kontrollera att fotvalvet inte trampas ut, men den hjälper även till att dämpa pronation, dvs att fotens insida sjunker ner (Hård af Segerstad, 2014).



Figur 2.5: Plantar Fascia, (ImageQuest., 2017a)

2.2.2 Muskler

För att bibehålla fotens normala uppbyggnad och funktion krävs det att musklerna i foten är välfungerande. Med starka muskler och stabila fotleder ökar fotens rörlighet och minskar risken för skador.

När en muskel spänns dras den ihop och dess antagonist sträcks ut vilket är

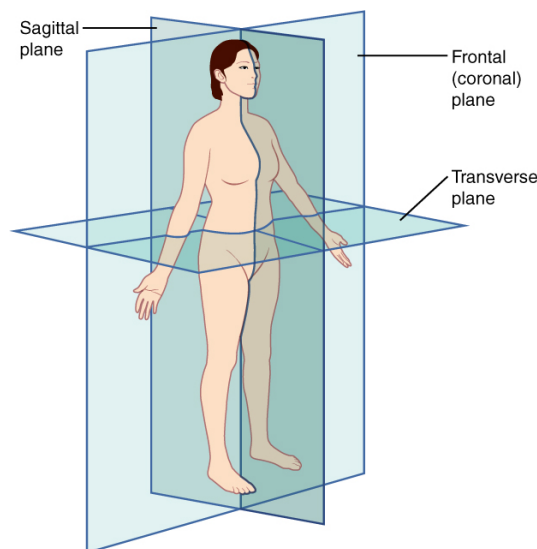
grunden till hur kroppen kan röras (Gudiol, 2017). Hade en muskel inte haft en motsvarande antagonist hade muskeln i fråga varit spänd hela tiden. Om exempelvis bara Biceps fanns i överarmen skulle armen snabbt böjas in för att sedan inte kunna sträckas ut igen. Eftersom Triceps muskeln arbetar som antagonist till Biceps kan hastigheten armen böjas med bromsas in och armen kan återigen sträckas ut.

Muskler som sitter i foten har som huvudsaklig uppgift att tillsammans med ligament eller ledband stödja fotvalven (1177.se, n.d.). Musklerna har ingen avgörande roll för fotens rörlighet i sig, men korta muskler finns i fotsulan för tårnas böjnings- och spretningsrörelser. Det finns även små muskler på fotryggen som gör det möjligt att sträcka på tårna. För att kunna böja, sträcka och förflytta fotens läge används musklerna som sitter i underbenet (Sonesson, 1993). Dessa muskler är sammankopplade med foten genom senor som fäster i fotens skelett. Underbenets muskler kan delas upp i tre huvudgrupper, den främre-, bakre- och den laterala gruppen. I den bakre gruppen finns det fem muskler varav den starkaste muskeln är den trehövdade vadmuskeln, Gastrocnemius lateralis. Vadmuskeln är uppdelad i tre huvuden som utgår från lårbenet, skenbenet och vadbenet och fäster vid hälbenet genom kroppens starkaste sena, akillessenan. Det är den yttre vadmuskeln, Gastrocnemius lateralis som tillsammans med Agonist Soleus, den inre vadmuskeln, möjliggör avstampet vid gång eller sprint. Vid ett avtramp spänns vadmuskeln vilket medför att vristen sträcks ut, plantarflexion. De andra musklerna i den bakre gruppen böjer tårna samt åstadkommer fotens supination. I den laterala gruppen sitter peroneusmusklerna, vars viktigaste uppgift är att pronera foten. Dessa muskler utgår ifrån Fibula och fäster sedan i mellanfoten. Om peroneusmusklerna blir tillräckligt skadade för att inte kunna fylla sin funktion medför det att den laterala fotranden tippas nedåt och foten intar supinationställning, vilket i sin tur ökar risken för snubbling. Hurvida en bidragande faktor till stukning kan vara att peroneusmusklerna är otränade diskuteras under kapitel 5. I den främre gruppen sitter Tibialis Anterior, antagonisten till Gastrocnemius och Soleus. Den utgår ifrån Tibia och fäster vid mellanfotsbenen eller vid tårnas falanger. Denna muskel möjliggör funktionen att böja foten så att tårna pekar uppåt, dorsalflexion.

Det är främst kroppens muskler som ger dynamiken i en gymnasts övning (Henriksson, 2009). Ju starkare muskler en gymnast har desto mer kraft kan tillföras till övningen vilket skapar bättre höjd och spänst vilket i sin tur gör att gymnasten kan klara av övningen bättre. Simone Biles, som är flerfaldigt olympisk mästare i artistisk gymnastik, har aldrig haft en skada under hennes gymnastiska karriär, vilket enligt Nathalie Barker (Personlig kommunikation, 07-03-2017) beror till största del av Biles isometriska muskelstyrka.

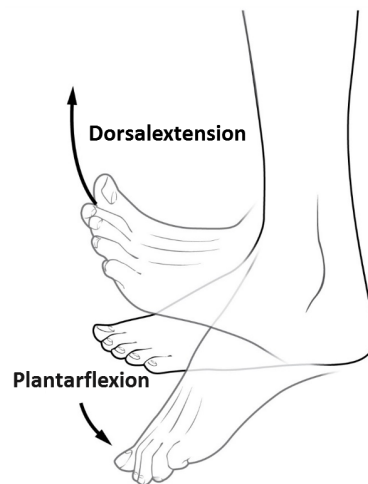
2.2.3 Fotledens rörelsemönster

I figur 2.6 visas en biomekanisk definition av den mänskliga kroppen. Begrepp och definitioner från figuren är till för att underlätta förståelse för kommande förklaring.



Figur 2.6: Kroppens vridningsplan (Physiology, 2017b)

Fotledens rörelser sker i dessa tre olika plan som är vinkelräta mot varandra. Dessa tre rörelseplan benämns som sagittalplanet, frontalplanet och horisontalplanet (Hård af Segerstad, 2014). Rörelserna som sker i sagittalplanet kallas för dorsal- och plantarflexion, där dorsalflexion innebär att foten vinklas uppåt mot smalbenet medan vid plantarflexion sträcks foten ut, bort från smalbenet, se figur 2.7 nedan. I frontalplanet sker abduktion och adduktion. Abduktion är en vridning av foten i sidled bort från kroppens centrumlinje medan adduktion är den motsatta rörelsen, det vill säga en vridning in mot kroppens centrumlinje. Horisontalplanets rörelser kallas för inversion och eversion vilka innebär rotationer i horisontell riktning. Vid inversion vänder sig undersidan av foten in mot kroppens centrumlinje medan vid eversion sker fotens rotation utåt, bort från centrumlinjen, som visas i bild 2.8 nedan.

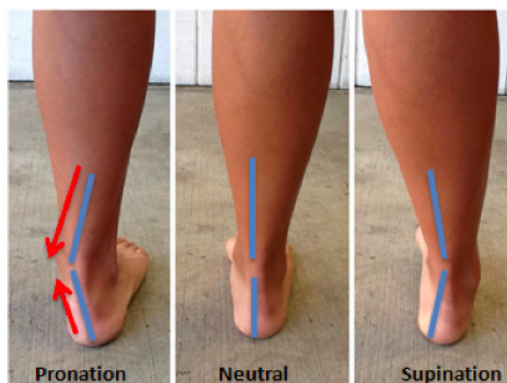


Figur 2.7: Dorsal- och plantarflexion (Physiology, 2017a)



Figur 2.8: Inversion och eversion, (OpenStax College, 2017)

Två rörelser som är betydelsefulla för att förstå uppkomsten utav en del skador i fotleden är pronation och supination, se bild 2.9. Pronation är en kombination av de tre rörelserna dorsalflexion, abduktion och eversion och innebär att fotens insida "sjunker ner" vid exempelvis löpning (Anatomic, 2017). Supination är motsatsen till pronation och är således en kombination utav plantarflexion, adduktion och inversion. Dessa två rörelser driver foten framåt och är en del av fotens stötdämpande mekanism, det vill säga helt normala vid små rörelser. Det är när rörelserna blir för stora som skador, exempelvis fotledsdistortion, kan uppstå.



Figur 2.9: Pronation och supination, (Commons, 2017)

2.3 Skademekanismer

Foten är, som framgått ur tidigare kapitel, en komplicerad kroppsdel. På grund av dess komplexa uppbyggnad krävs en fördjupning i skademekanismer för de skador denna rapporten behandlar. Skademekanismer syftar till hur en skada uppkommer och de mekaniska parametrar som ligger bakom skadan. Det här kapitlet går även in på var i foten som en led eller ett ben går av, alternativt vart distorsion uppstår samt vilken typ av last som orsakar denna skada. Information om skademekanismer är nödvändig för att veta vad mätutrusningen bör mäta.

2.3.1 Fotledsdistortion

I ett tidigare examensarbete från sjukgymnastprogrammet vid Lunds Universitet (J. Nilsson och S. Nilsson, 2013) har en mindre undersökning om skador inom truppergymnastik gjorts, vilket precis som tidigare studier, visar på att fötterna är den kroppsdel som är mest utsatt för skador inom gymnastik. Arbetet visar även att fot, ankel och nedre delen av benet har den högsta skadefrekvensen.

Detta stärks även av en studie, gjord vid Norwegian School of Sport Science (Lund och Myklebust, 2011) som visar att ankelskador, som klassificeras som allvarliga, på tävling är vanligt förekommande, 15 skador per 1000 timmar, och är därför viktiga att förebygga. Den vanligaste specifika skadan inom truppergymnastiken är enligt Harrings studie fotledsdistorsion (Harringe, 2017).

I Harrings avhandling förklarar hon att det finns fyra skademekanismer som leder till fotledsdistorsioner inom gymnastik. Den första är ledkompression och uppstår då två eller fler ben trycks samman kring en led vilket oftast sker vid landning bakåt eller under en så kallad underroterad volt, som utförts på trampett och tumbling. Den andra är ledrotation och uppstår då en del av leden är fast medans en annan del roterar. Detta uppstår vanligtvis vid landning eller i skruvövningar

utförda på trampett och tumblinggolv. Fotens rörelseomfång (Range of Motion, benämns ROM i rapporten), innebär vilken sträcka och riktning som leder kan röra sig mellan plantar och dorsalflexion utan yttre belastningar. Hyperextension, som är den tredje mekanismen, fås då leden rör sig längre än ROM exempelvis vid start och landning på trampett och tumbling. Den fjärde och sista skademekanismen är överbelastning som uppstår då en skada successivt förvärrats under en längre tid. Överbelastning kan uppstå på varierande sätt men framkallas av upprepning och att skadan aldrig hinner läka helt (Harringe, Renström och Werner, 2007). Överbelastningsskador behandlas ytterligare längre ner i rapporten.

Lisa Hagelqvist, AT-läkare på Södra Älvsborg sjukhus i Borås, förklarar att fotleden är den led i kroppen som blir mest belastad om hänsyn tas till belastning per yta. 25% av alla idrottsskador är en ledbandsskada som uppstår på utsidan av foten (Hagelqvist m. fl., 2014). Tiden för läkning är ett spann mellan 12 veckor till 12 månader och om skadan inte får läka helt innan den belastas tungt igen kan det leda till att skadan uppstår ännu en gång och att ledbandet blir mer och mer utdraget (MedArbetarna, 2017). Ungefär 75% av idrottare med en stukad fotled får återfallsskador på grund av just för kort återhämtningstid (S. Nilsson och Karlsson, 2017). Det uppstår alltså en överörlighet i leden då den är uttänjd vilket gör det lättare för leden att dislokteras ytterligare en gång. Vid ett visst antal återfall har leden blivit maximalt uttänjd, chansen att bli helt återställt är då väldigt liten. De flesta idrottare har vid detta laget inte längre möjlighet att utöva sin sport (Gudiol, 2008). Som tidigare nämnts blir det allt mer vanligt att unga idrottare tränar fastän de känner smärta. Många skador tas inte på allvar trots att en ”lätt” skada som en stukad fot kan leda till att gymnasten tvingas sluta träna och tävla. En viktig faktor för att förebygga detta är att rehabilitering fortsätter även efter idrottaren börjat träna igen för att stärka upp foten samt att försiktighet tillämpas de första veckorna tillbaka efter skadan.

Fotens läge vid landning är avgörande för vart skadan kommer uppstå. Då foten hålls supinerad sker skadan på den laterala strukturen och om foten hålls prone-rad kommer skadan istället att uppstå på den mediala strukturen. Distorsion av fotleden är, som tidigare nämnt, en vanlig skada i idrottsvärlden och över 90% av alla ledbandsskador i fötterna förekommer på utsidan av fotleden, den laterala strukturen, då den är betydligt svagare än insidan, den mediala strukturen (S. Nilsson och Karlsson, 2017). Skadan uppstår då foten överbelastas i supination, alltså vid en utåtrotation av foten, se figur 2.9. Vid denna skada vrids foten inåt och smärta uppkommer på utsidan av foten. Det som blir kritiskt vid ledbands-skador, när det gäller gymnastik, är ligamenten mellan Calcaneus (hälbenet) och Cuboideum (tärningsbenet) då det är där den största lasten verkar vid landning beskrivet enligt ovan. Vid detta område på foten bör mätutrustning fästas för att kunna mäta hur stor supinationen som uppstår, alltså hur stor vinkeln som foten roteras.

Ytterligare en skada som är frekvent förekommande hos idrottare som har haft återkommande fotledsstukningar är en långsgående ruptur av senan Peroneus Brevis se figur 2.4. Denna senan kan dislokaliseras framför fotknölen då ledbands-

förstärkningen, som ska hålla senorna på plats, går sönder (IFK-Kliniken, 2017b). Enligt mailkonversation med Johan Fintland, ortopedspecialist på Sahlgrenska Sjukhuset i Göteborg (personlig kommunikation, 07-03-2017) förklarade han att Peroneus hålls bakom den laterala malleolen (fotknölen) med ett senledband även kallad retinakel som töjs successivt under lång tid. Till slut nås brottgräns för Peroneus Brevis, den rupteras helt och förflyttas framför malleolen. Fintland förklarar även att människor kan ha platta, konvexa eller konkava malleoler som spelar stor roll för hur stor risken är att denna typ av skada inträffar. Konvexa malleoler är i regel mindre stabilt än konkava.

2.3.2 Hälsporre

Under foten finns en sena som heter Plantarfascia se figur 2.5 som vid överbelastning i form av löpning eller hopp kan få partiella rupturer. En partiell ruptur kan i sin tur leda till inflammationer i infästningen på hälbenet enligt (Hagelqvist m. fl., 2014). Denna skada heter Plantar Fascialgi men en vanligare benämning är hälsporre, vilket kommer användas vidare i rapporten. Hälsporre syftar egentligen till det benutskott som bildas på hälbenet vid upprepade hög belastning på Plantarfascian (S. Nilsson och Karlsson, 2017).

I gymnastik utförs både snabba accelerationer och hopp samt landningar från höga höjder. Dessa faktorer är förmodligen anledningen till att hälsporre är en vanlig skada för gymnaster. Höga fotvalv orsakar, som bild 2.5 förtydligar, en större belastning på och större töjning av Plantarfascian och är därför en indikator på förhöjd risk för hälsporre. Enligt Fintland kan även slutsatsen dras att eftersom gymnaster vanligtvis är barfota utsätts Plantarfascian för mer belastning än vid användning av stötdämpande skor.

2.3.3 Överbelastningsskador

Idrottsskador delas ofta in i överbelastningsskador och akuta skador. Akuta skador innebär att skadan uppstår plötsligt och med en direkt orsak. Dessa kan i vissa fall vara allvarliga i den grad att de kräver direkt transport till sjukhus, exempelvis vid fotledsdistorsion. Överbelastningsskador är mer komplexa än akuta skador och beror på för hög belastning under för lång tid, ofta i kombination med för lite återhämtningstid, som i exemplet med återkommande fotledsdistorsion. Överbelastningsskador uppstår gradvis och det är ofta svårt att peka ut ett specifikt trauma som utlösande faktor (Baranto, 2017).

En överbelastningsskada kan också uppstå som följd av en skada i en annan del av kroppen. Om en gymnast är van att landa på exempelvis högerfoten och den skadas resulterar det i att personen börjar lägga mer belastning på den ovana vänsterfoten. Detta kan leda till att personen efter en tid känner av smärta även i

vänsterfoten. Ett exempel på överbelastningsskada är benhinneinflammation. Benhinneinflammation är trots sitt namn en överbelastningsskada i form av slitage på muskler och senor som fäster på insidan av Tibia. Denna typ av skada behandlas i denna rapport, trots rapportens avgränsning till fotskador, för att benhinneinflammation är kopplad till överpronation av foten samt till höga fotvalv, vilket i sin tur är kopplade till de andra skadorna som behandlats tidigare i rapporten. På samma sätt som i exemplet ovan kan skador på en viss del av kroppen orsaka överbelastningsskador på andra delar av kroppen. Benhinneinflammation är en av de vanligaste kroniska skadorna hos idrottare vilket gör den relevant för studien då den kommer att påverka idrottaren genom hela karriären. En hastig ökning av träningsmängd och byten av underlag i stor omfattning är bidragande faktorer till att benhinneinflammation uppstår (Öhlin, 2017). Byte av underlag är vanligt förekommande för gymnaster då de ofta byter hallar vid tävling. Träningsmängden kan också vara hastigt tilltagande, speciellt för de som vill tävla på högre nivå. Det går därför att anta att benhinneinflammation är vanligt hos gymnaster. Under ett möte med Pia Josephson, Ordförande på Svenska Gymnastikförbundet, stärktes detta antagande, (personlig kommunikation, 21-02-2017).

2.4 Tidigare studier om biomekanik

Att veta vid vilken kraft och vid vilken vinkel senor eller ligament brister är svårt då detta är individuellt för alla människor. Det är även problematiskt att utföra mätningar på ligament och senor då de endast finns inuti kroppen.

Det har utförts många studier för att lokalisera vilka som är de bidragande faktorerna till skadorna. I en studie där 187 grekiska gymnaster observerades under ett år framkom det att 61,5% av skadorna är akuta och de övriga 38,5% av skadorna är överbelastningsskador. Majoriteten av skadorna uppstod i ankeln och de flesta skadorna uppstod under landningsfasen, speciellt under träning och tävling i fristående inom artistisk gymnastik (Beneka m. fl., 2002). I en annan studie gjord i Tyskland blev slutsatsen däremot att den största andelen av skadorna uppstår i hopp, 34% av skadorna, och därefter i fristående med 21,3% av skadorna (Haasper m. fl., 2006).

Det finns genomförda studier kring mekanismen om hur fotledsdorsion oftast uppkommer och vid vilka rörelser de olika ligamenten är som mest utsatta. Den vanligaste skadan är, som tidigare nämnt, skada på de laterala ligamentet på utsidan av foten. Den allmänna uppfattningen är att de laterala ligamenten riskerar skada vid en extrem supination, dvs en kombination av inversion, plantarflexion och adduktion (Bhaskaran m. fl., 2016). Detta ifrågasätts dock i andra studier där de ställer sig kritiska till plantarflexionens betydelse och menar att fokus istället bör ligga på inversion och adduktion (Bahr, Kristianslund och Krosshaug, 2011). Även plantarflexionens betydelse ifrågasätter vid laterala ligamentskador (Chan m. fl., 2009). I rapporten har en fotledsdorsion av ett lateralt ligament fångats

under ett test och skadan uppkom som ett resultat av inversion, adduktion och dorsiflexion, vilket skiljer sig från den allmänna uppfattningen om att det måste vara plantarflexion.

I ett genomfört kadaverförsök betraktades Achilles tendinis tillsammans med Gastrocnemius lateralis, agonist Soleus och Calcaneus, medan Calcaneus utsattes för krafter mellan 600-1350 N (Lerscha m. fl., 2012). Även positioneringen för Calcaneus ändrades från neutral (0 grader) till eversion och inversion. Både 7,5 grader och 15 grader testades för både eversionen och inversion. Vid ändringen från 7,5 till 15 grader på Calcaneus, vid konstant tryck, ökade spänningen med 100-120% för inversion och 120-140% för eversion, detta gäller för samtliga testdelar. När även kraften ökades framgick det att spänningen ökade mest vid inversion. Tio gånger högre töjning i posterior tendon regionen jämfört med anterior regionen blev utfallet då fotens position ändrades från plantarflexion till dorsiflexion. Det framgår inte om posterior tendon tog mer skada bara för att töjningen blev högre. Att töjningen ökar så pass mycket under dorsiflexion kan vara en bidragande faktor till att det är av intresse att studera denna typen av rörelse, som också stycket ovan syftar på.

En normal fotled kan aktivt röra sig i sagittalplanet mellan 15°-20° dorsiflexion och mellan 45°-55° plantarflexion (Norkus och Floyd, 2001). Dock kan fotleden röra sig i större vinklar under passiv rotation och en maximalt belastad ankel kan tillåta vinklar upp till 40° dorsiflexion. Norkus och Floyd beskriver även vid vilken rörelse som den mer ovanliga och ofta allvarligare skadan av det inre ligamenten inträffar. Det vanligaste är en kombination av de två rörelserna abduktion och extrem dorsiflexion, där abduktion verkar vara mest betydelsefull.

I ytterligare ett kadaverförsök undersöktes hur kraften i ligamenten lig. talo-fibulare anterior och lig. calcaneo-fibulare, varierar beroende på fotledens rörelser (Bahr, Pena m. fl., 1998). Olika kombinationer av dorsiflexion-plantarflexion och supination-pronation undersöktes tillsammans med olika krafter för att hitta de mest kritiska kombinationerna. Resultaten ifrån studien visar att de högsta krafterna i det ena ligamentet uppkom när det andra ligamentet var avslappnat och slutsatsen drogs att ligamenten alltså jobbar mot varandra. Båda ligamenten sitter på fotens utsida varför de högsta krafterna uppmättes vid supination. Lig. talo-fibulare anterior uppmätte högst kraft vid plantarflexion i kombination med supination, medan lig. calcaneo-fibulare uppmätte högst kraft vid dorsiflexion tillsammans med supination (Kubo m. fl., 2017).

Hastighet, balans, uthållighet och flexibilitet sägs vara faktorer som kan prediktera skada, dessa är dock inte avgörande för alla åldrar eller tävlingsnivåer (Caine och Nassar, 2005). Under landning behöver gymnasterna kunna klara av reaktionskraften som uppstår samt kunna hantera rörelsen av TBCM (total body center of mass) (McNitt-Gray m. fl., 2001). Beroende på vilken typ av landning som utförs ändras både landningskraften och vinkeln i fotleden (vinkeln mellan fot och smalben) och påverkar därför kroppen olika.

För att ta reda på hur underlagets hårdhet påverkar vinkeln av dorsal- och plantarflexion på foten vid landning har raka landningar, så kallade drop jumps, testats på två olika underlag (Arampatzis m. fl., 2004). Mjukt underlag= $76\text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ och hårt underlag= $100\text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$. Resultatet visade på att skillnaden mellan dessa hårdheter på underlaget inte har någon märkbar påverkan på vinkeln i fotleden. Detta förutsätter dock att gymnasten klarar av övningen och landningen lika bra på båda underlagen, och i denna undersökningen har inget svårt hopp utförts. En dålig vinkel på foten kan vara svårare att upptäcka på ett mjukare underlag och blir kanske inte skadlig förrän landningen sker på ett hårt underlag.

2.5 Mättekniker

För att ta reda på vilka krafter, hastigheter och vinklar som uppstår då en gymnast utför olika övningar krävs ett mätinstrument som kan uppfatta alla dessa parametrar. För att utföra olika sorters mätningar kan ett system sättas samman, med hjälp av diverse komponenter. Produkten som systemet utgör bör vara tillräckligt liten och smidig för att den ska kunna fästas på en fot utan att påverka gymnasten i sina rörelser. Ett ytterligare krav är att produkten ska ha ett rimligt pris, för att gymnastikföreningar ska ha möjlighet att köpa in produkten och göra en noggrannare analys av sina gymnaster. Nedan presenteras de mätmetoder som har använts i projektet samt diverse andra metoder som på grund av tidsbrist inte hunnit testats. Dessa anses dock kunna vara relevanta för vidare utveckling av projektet.

2.5.1 Rörelseanalys

Qualisys Track Manager (QualisysAB, 2017) är ett mätsystem som bestämmer positioner av utsatta markörer i rummet ifrån filmer på personer med utplacerade reflexmarkörer på kroppen. Filmningen sker via IR-kameror som skickar ut infrarött ljus vilket reflekteras av de utsatta reflexmarkörerna. Det blir genom reflektionen möjligt att bestämma markörernas positioner. Programvaran för Qualisys Track Manager kan bestämma markörernas positioner och visualisera dessa som ett rörelsemönster i 3D, där även vinklar och hastigheter kan beräknas via programmet. För att bestämma landningskraften kan även en kraftpalatta användas.

2.5.2 Videoanalys

För utförd videoanalys kan programvaran TEMA användas. TEMA kan genom algoritmer målfölja utsatta filmmarkörer genom en video-sekvens. Genom att jämföra positionerna av dessa markörer mellan varje bild kan acceleration, kraft, hastighet och vinklar beräknas. TEMA beskriver kort sagt punkters rörelser i

planet med hjälp av de utsatta markörerna. Markörernas rörelser kan sedan ritas upp i olika typer av diagram. Från detta diagram erhålls exempelvis rörelsens acceleration eller efterfrågade vinklar.

2.5.3 Accelerometer

Acceleratorer mäter accelerationskrafter, både statiska krafter (gravitation) och dynamiska krafter (rörelsemönster). De dynamiska krafterna fås genom att accelerometern känner av förflyttning eller vibrationer. Med dessa accelerationskrafter kan accelerators position avläsas i förhållande till jordens yta. Exempelvis var det en accelerometer som användes till GPS-funktionen i smartphones när dessa lanserades (BOSH, 2017). Ett exempel där acceleratorer används är i bilar. I bilar kan acceleratorerna användas för att "förutse" en krasch genom att känna av vibrationer och utlösa airbagen i rätt tidpunkt (Goodrich, 2017). Det finns olika typer av acceleratorer beroende på vilka parametrar som efterfrågas: hastighet, vinklar, kraft eller vibrationer. Accelerometern kan göras väldigt liten, cirka 2 cm bred och 4 cm lång. Accelerometern går att använda via bluetooth till exempelvis mobiltelefonen, för att där kunna läsa av resultat vilket gör den smidig och användarvänlig (LLC, 2017).

2.5.4 Lastcell

En lastcell är en transduktor, en anordning som omvandlar en form av energi till en annan, som används för att skapa elektriska signaler (Atkins och Escudier, 2013). Dessa signalers storlek är direkt proportionella mot den kraft som mäts. Sådana anordningar mäter antingen enaxligt eller längs flera ortogonala axlar. Det finns olika sorters lastceller där den vanligaste är hydrauliska lastceller, pneumatiska lastceller och töjningsgivande lastceller. Töjningsgivande lastceller är korrekta inom 0,03-0,25% (Engineering, 2017).

2.5.5 Trådtöjningsgivare

En trådtöjningsgivare är en tråd i ett ledande material där resistensen mäts. När tråden töjs ut ändras dess resistens liksom när tråden går tillbaka igen. En trådtöjningsgivare är en typ av lastcell och används vanligtvis för att kunna varna för sprickor och rasrisk i gruvor (*Trådtöjningsgivare* 2017). I en vetenskaplig artikel på beskrivs det hur dessa givare har använts för att imitera en människas hud med avseende på att avgöra vad som händer vid tryck, skjuvning och vridning (Pang m. fl., 2012).

2.5.6 Gyroskop

Ett gyroskop är en enhet som använder jordens gravitation för att avgöra sin position. Denna egenskap är grunden för gyrokompassen och annan navigeringsutrustning (Law och Rennie, 2015). Ett gyroskop mäter vinkelhastigheten genom att den mäter rotation kring tre axlar (Electronics, 2017). Att gyroskopet kan känna av rotation är den största skillnaden från accelerometern (Goodrich, 2017). Gyroskop ger pålitligast resultat då rotationen är långsam. Ett gyroskop är litet och placeras därför fördelaktigt på foten. Den kan därför användas för att bestämma fotens vinklar i kroppens tre samtliga rörelseplan.

2.5.7 Rotationshastighetssensorer

I patentbeskrivning för rotationhastighetssensorn beskrivs utrustningen som ett typ av gyroskop som mäter vinkelförskjutning, vinkelhastighet och vinkelacceleration (Kimura och Yamaguchi, 1985). Rotationshastighetssensorn är ett gyroskop av typen "tuning fork" som med hjälp av vibrationer mäter av värden. Rotationshastighetssensorn kan användas för att mäta vinklar i leder på människor. Den kan användas för att fastställa maximal ankelledhastighet och för att avgöra den isometriska muskelstyrkan (Arai m. fl., 2008).

2.5.8 Tidigare studie om mätteknik

I ett tidigare kandidatarbete på Chalmers integrerades kraft- och rörelsesensorer i ett stavhandtag för längdskidåkning vilket medförde att de kunde få fram vinklar, kraft och friktion. Genom att ett gyroskop, en accelerometer och en kompass satts samman med några andra komponenter i handtaget på skidstaven lyckades de ta fram en lätt och billig prototyp som kan mäta både kraft och vinklar (Bengths m. fl., 2016). Under ett möte med handledaren för detta kandidatarbete, Dan Kuylenstierna (personlig kommunikation, 24-03-2017), förklarade han att det största problemet med prototypen är problematiken att mäta vinklar över en längre tid. Kuylenstierna instämde att inom gymnastiska landningar handlar det om korta tidssekvenser och att mätfelet som uppstår därmed är försumbar. En liknande prototyp skulle alltså vara praktiskt applicerbar även inom gymnastiken, vilket stärker våra teorier om att en accelerometer tillsammans med ett gyroskop skulle kunna vara en modul att utveckla i ett vidareutveckling av detta projekt.

3

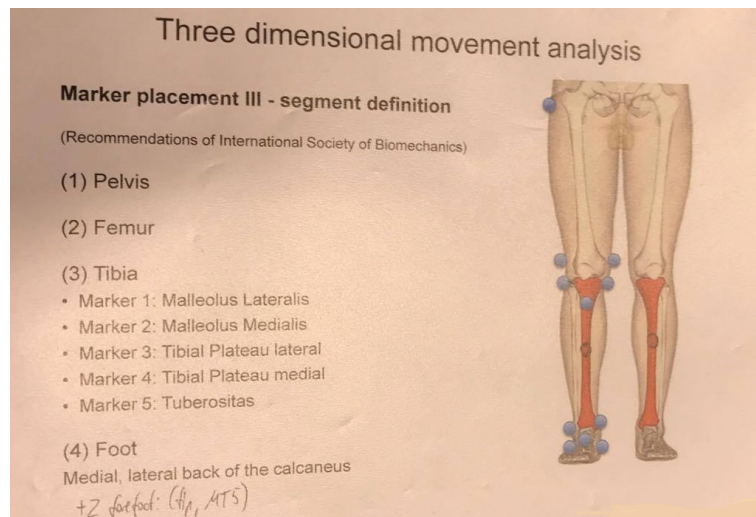
Utförande av praktiskt testade mätmetoder

Som tidigare beskrivits har de två mätmetoderna videoanalys och rörelseanalys använts för att mäta värden på de parametrar där risk för skada är som störst. Nedan beskrivs mer ingående tillvägagångssätt som används för att uppnå önskat resultat i de båda programmen.

3.1 Rörelseanalys i Qualisys samt mätning av kraft i MARS

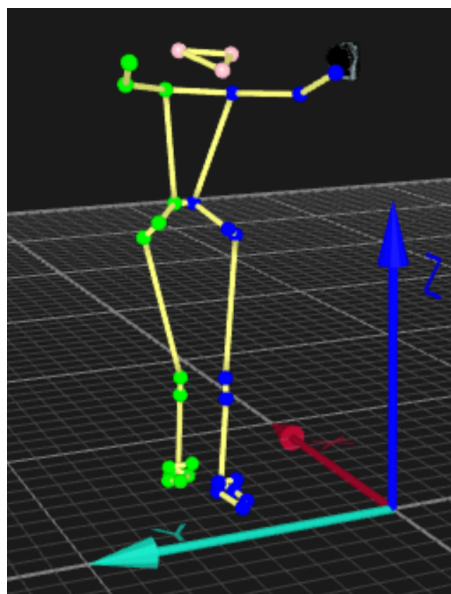
Utförandet av rörelseanalysen gjordes i GU-laboratoriet med hjälp av 3 gymnaster från Översjö Gymnastikförening som deras tränare utsett. Före utförandet fick gymnaster samt deras föräldrar fylla i en medgivandeblankett, blanketten återfinns i appendix B. På plats i laboratoriet förtydligades att alla hopp görs på egen risk och att det är tillåtet att avbryta när som.

Först sattes markörer ut på gymnasterna utefter en mall som tidigare använts i GU-laboratoriet för löpanalyser, se bild 3.1. Markörer kring knäna (d.v.s. de under "(3) Tibia") är inte relevanta i arbetet, därför valdes endast den markören som sitter rakt under knäskålen, d.v.s. markör 5. Viktigt att markörer, som sitter exempelvis på höften, är på samma höjd på båda sidor av kroppen. Om dessa sitter olika blir resultatet vid analys inte korrekt. Löpanalysen fokuserar på samma vinklar som studeras för gymnasters landning och därför ansågs mallen relevant för detta projekt. För att mäta landningskraften användes programvaran MARS som läser av kraft under ett bestämt tidsintervall.



Figur 3.1: Bild från GU laboratoriet: Visar placering av markörer från midjan och nedåt

Mallen för löpteknik placerar endast ut markörer från midjan och nedåt, men för att göra visualiseringen av markörernas positioner tydligare lades markörer för axlar, armbågar, händer samt huvud till, se figur 3.2. Dessa har ingen betydelse för projektets resultat utan sätts enbart ut för att få en bättre uppfattning om hur hela testpersonen rör sig. I testet utfördes 5 olika hoppkombinationer (se ordlista för förklaring av hopp): Hjulning, Rondat, Handvolt, Rondat - Flickflack (vidare benämnt flickis) samt Rondat - Salto. De tre första hoppen utfördes av alla gymnaster medan de två sista endast utfördes av gymnast nummer 3.

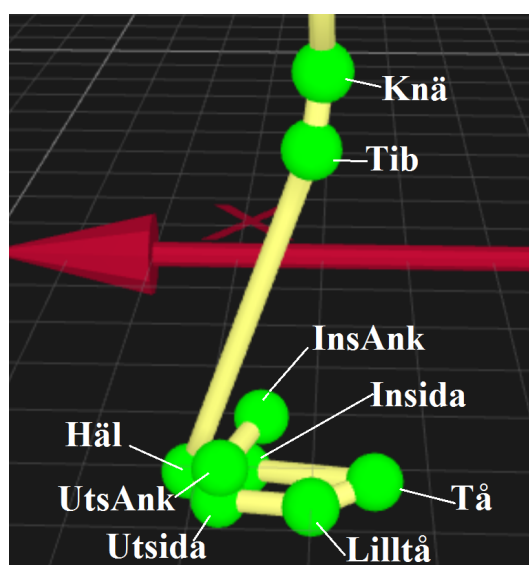


Figur 3.2: Bild från Qualisys: Markörers placering

När hoppkombinationerna utförts samlades data från hoppen in och fördes in i

Qualisys Track Manager (QTM). I QTM namngavs markörer efter vart på kroppen de befann sig. Alla markörer förutom "Pannan" fanns på både höger och vänster sida och döptes därför med V/H framför, exempelvis "Hand" döptes till "V Hand" respektive "H Hand". Markörerna sammanlänkades sedan med gula sträck som föreställer ben. Utöver detta fick markörer på höger sida grön färg, markörer på vänster sida blå och huvudets markörer rosa, se figur 3.2.

Genom att jämföra tibia-, häl- och tå-markörer togs vinkeln fram och jämfördes mellan de olika hoppen, se figur 3.3. Utgångspunkt var ca 90 grader mellan fot och tibia när gymnasterna står rakt.



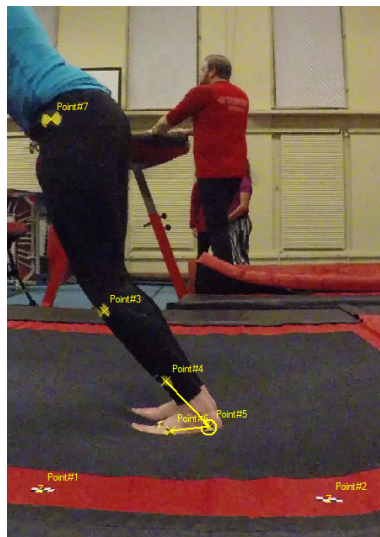
Figur 3.3: Bild från Qualisys: Fotens markörer samt markörernas namn

Programmet MARS var igång samtidigt som Qualisys, för att kunna mäta landningskraften, och det enda förarbetet som krävdes var att varje gymnast fick väga in sig före hopp. Kraftutslaget registrerades separat från Qualisysdatan. Kraften mäts i Newton [N].

3.2 Videoanalys i TEMA

Under GF-Kennedys gymnastikträningar placerades en GoPro-kamera (med inställningarna: format 1080, ISO 6400 och 120 bilder per sekund) på ett stativ som ställdes vinkelrätt mot slutet av tumblinggolvet, cirka 50 cm från mitten av mattan där gymnasterna förväntas landa. Denna kamera fångade fotens rörelse i sagittalplanet, det vill säga fotens dorsal- och plantarflexion. Kameran stod nära mattan vilket ledde till att endast själva landningen från första övningen och stämnet, frångjukt från mattan, inför sista övningen kom med på film. Detta för att de markörer, som satt på gymnasternas fötter, tydligt skulle komma med på film.

Markörerna placerades på de punkter som ansågs intressanta efter vad litteraturstudien resulterat i. De fästes på gymnasterna genom dubbelhäftande tejp samt en avklippt strumpbyxa som drogs över nedre delen av benet, se figur 3.4.



Figur 3.4: Markörernas position på en gymnast

De filmer som ansågs hålla högst kvalitet fördes sedan över till TEMA där analys av rörelserna skedde. Dessvärre framgick det att kvalitén på videorna inte var tillräckligt bra för att programmet självt skulle kunna målfölja markörerna utan dessa fick lokaliseras och placeras ut manuellt. När det var gjort ritades vinkeln av fotens flexion genom hela rörelsen upp i ett diagram, se appendix C .

4

Resultat

De två prövade mätmetoderna är Qualisys i kombination med MARS samt TEMA. Det som skiljer de två metoderna åt är hur filmningen gått till väga. Med Qualisys filmades gymnasterna i ett laboratorium på GU, medan filmerna till TEMA gjordes med en GoPro-kamera i en gymnastikhall under ordinarie träning. Det som analyseras i Qualisys är i 3D och materialet till TEMA är i 2D. Resultatet av bearbetat och analyserat material presenteras nedan. Utvärdering av dessa två som mätmetoder återfinns under kapitel 5. Diskussion.

4.1 Rörelseanalys med Qualisys

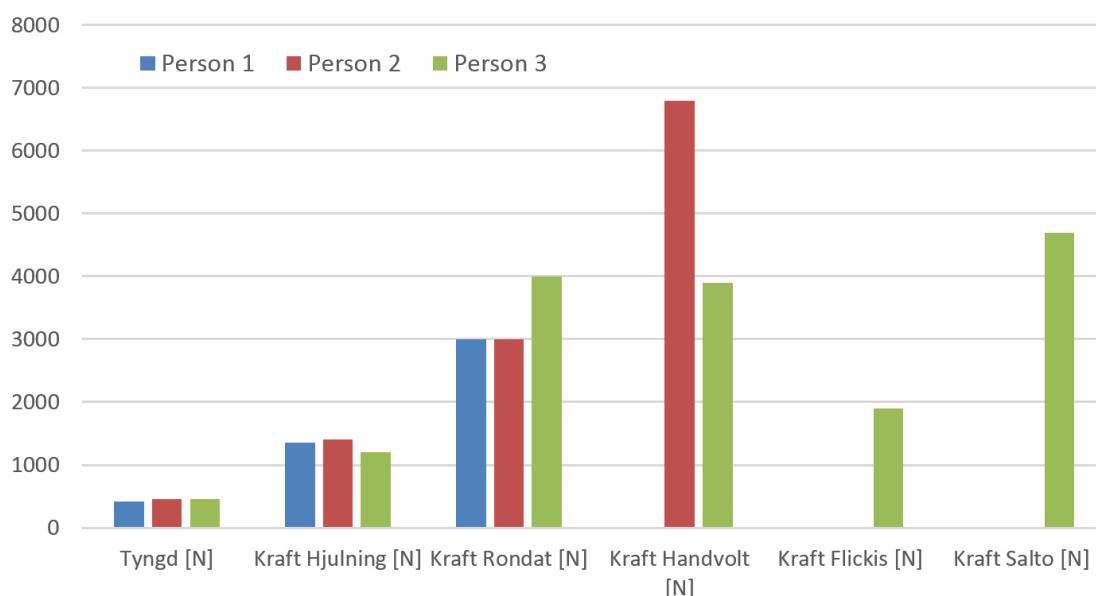
Resultatet från Qualisys och MARS visas i figur 4.1 nedan. Kraften som uppmätts är från MARS där *Tyngd* är personernas stillastående tyngd i Newton och de andra krafterna är vid landning, alternativt vid avstamp, efter hopp. Vinkeln som mäts i grader är vinkeln mellan tibia, hæl och tå, se figur 3.3.

	Person 1	Person 2	Person 3
Tyngd [N]	420	460	460
Kraft Hjulning [N]	1360	1400	1200
Vinkel Hjulning [°]	42	58	53
Kraft Rondat [N]	3000	3000	4000
Vinkel Rondat [°]	40	36	48
Kraft Handvolt [N]	900 (m pass)	6800	3900
Vinkel Handvolt [°]	47	59	59
Kraft Flickis [N]	-	-	1900
Vinkel Flickis, avstamp [°]	-	-	47
Vinkel Flickis, landning [°]	-	-	-
Kraft Salto [N]	-	-	4700
Vinkel Salto, avstamp [°]	-	-	45
Vinkel Salto, landning [°]	-	-	46

Figur 4.1: Resultat från Qualisys och MARS. Streck innebär att kraft eller vinkel ej uppmätts av antingen utrustningsfel eller att gymnasten ej utfört momentet.

Resultatet ger en indikation på att olika personer har olika landningsvinklar vid hopp. Resultatet blev väldigt individuellt, se figur 4.2, men det går ändå att se att exempelvis handvolt gav större vinklar medan rondat gav mindre vinklar. Detta beror delvis på att vid handvolt landar du med överkroppen framåt och vid rondat med ryggen framåt. Den kraft där det står ”(m pass)” innebär att övningen utfördes med hjälp i form av passning. Genom att identifiera sådana samband skulle det med kunskap om biomekanik vara möjligt att avgöra vilka övningar som medför större risk för en viss skada.

Landningskraften är även den väldigt individuell men det syns ändå tydligt att kraften vid landningarna är minst 3 gånger så stor som kroppsvikten, för det mesta ännu större. Detta trots att övningarna inte kunde utföras med samma kraft som de vanligt vis gör på träning.



Figur 4.2: Diagram över krafter som uppmätts vid olika moment

4.2 Videoanalys med TEMA

I TEMA analyserades filmmaterialet från GF Kennedys gymnastikträningar. De resultat som erhöles från analyserna var rörelser i ett 2D-plan där TEMA, tack vare markörerna på gymnasterna, kunde få fram fotens position, rörelse, acceleration samt förhållandet mellan markörerna. Parametern som var lättast att få ut från analysen var fotledens vinkel i sagittalplanet. Denna vinkel anses också vara en parameter för att identifiera skada, vilket gör analysen intressant. Vinkeln kunde därefter ritas upp i en graf som tydligt visar fotens vinkel under hela sekvensen, där den horisontella axeln visar tidpunkten och vertikala axeln visar vinkeln i grader, se appendix C. Resultatet visade alltså graden av fotens flexion

vid en viss tidpunkt. Efter att ha analyserat filmerna på de gymnaster som gjorde övningarna rondat eller flickis, det vill säga då gymnasten landar med ryggen framåt (vanligen framåtlutad landning), visar resultaten att båda övningarna gör att gymnastens fotleder kommer upp i en vinkel på 60 grader vid den mest kritiska punkten. Studeras istället fotleden vid landning efter en hjulning eller handvolt, det vill säga med magen framåt (vanligtvis bakåtlutad landning), blir ingen vinkel mindre än 90 grader.

5

Diskussion

Både testade och otestade metoder har behandlats i rapporten och under diskussionen analyseras hur de testade metoderna har fungerat och kan komma att användas i framtiden samt hur otestade metoder kan vara relevanta för vidare arbete med projektet. Under diskussionen behandlas även hur etik kan bli ett problem för gymnasterna och tränarna om en metod lyckas tas fram för att analysera gymnasternas landning. Då kroppen är, som framgått i rapporten, otroligt komplex diskuteras även mätfel och hur hänsyn kan tas till dessa, samt hur hänsyn även behöver tas till överbelasningsskador som kan uppstå. Andra svagheter i arbetet som exempelvis bristen på förarbete och information om hur ROM kan påverka resultatet diskuteras också under detta kapitel.

5.1 Rörelseanalys i Qualisys

När rörelseanalys i Qualisys användes fanns många faktorer som försvårade utvärderingen av metoden. Resultatet från de tester som utfördes i GU-laboratoriet är inte optimalt då testpersonerna var medvetna om att de var observerade. Att komma in i ett laboratorium påverkar gymnastens hopp och landning vare sig det är avsiktligt eller ej, jämfört med analysen i TEMA där gymnasterna befann sig i sin egen träningshall och filmades under en vanlig träning.

I GU-laboratoriet är ansatsytan begränsad och landningsområdet utpekade för gymnasterna för att kunna mäta landningskraften. Detta påverkade resultaten och fick därav tas i beaktning då resultaten analyserades. De uppmätta krafterna är förmodligen inte lika höga som de skulle ha varit om övningarna utfördes under en träning med rätt ansats. Ingen märkvärd vinkel på supination eller pronation erhöles, vilket kan bero på att gymnasterna var påverkade av testmiljön och fokuserade på att "landa bra". Ytterligare en anledning kan vara placeringen av markörerna. Kanske skulle markörer placerats på smalbenets yttersida och insida för att lättare få fram vinklarna.

Som mätmetod är Qualisys ett bra program som kan ge kunskap om en persons rörelsemönster genom hela gymnastikövningen och även olika vinklar som uppstår. Det krävs dock en del efterarbete för att få ut önskade parametrar, programmet

är lätt att lära sig men det tar ändå lite tid att utföra hela arbetet. Ytterligare en negativ aspekt är att utrustningen är inte lätt att plocka upp och ner hur som helst. Det krävs mycket tid för att ställa in alla kameror, därav sitter utrustningen uppe året om inne i GU-laboratoriet. Att kalibrera mätområdet och fästa markörer på en testperson tar inte lång tid men är trots allt moment som bidrar till att processen blir lite längre och omständligare. Qualisys är bra för att kontrollera rörelsemönstret och olika vinklar men är anpassat för undersökningar i ett laboratorium på en begränsad yta. Antalet gymnaster och övningar som behöver filmas och analyseras för att kunna fastställa vilka vinklar tillsammans med landningskrafter som är skadliga, är alldeles för många för att det ska utföras i ett litet laboratorium. Det är inte rimligt att en tränare skulle ha tid att sätta markörer på alla gymnaster, kalibrera området och sedan göra allt efterarbete för varje gymnast. Detta är något som skulle behöva automatiseras för att metoden ska kunna användas i större skala. Skulle det vara möjligt att studera gymnasterna under ordinarie träning med Qualisys-utrustningen skulle det gå att se vinkeln på foten då exempelvis en fotledsdistortion uppstår. Dock är det inte säkert att vinkeln i sig är särskilt intressant utan tillhörande landningskraft eftersom det inte är säkert att en dålig landningsvinkel är skadlig med lägre kraft. Vad som är skadligt är individuellt men om både vinkel och landningskraft kan lokaliseras för flertalet gymnaster skulle det förmodligen kunna gå att se ett korrelationsmönster.

Resultatet från Qualisys visar på att metoden kan vara relevant för att mäta skador på gymnaster vid landning och fördelen är att det mäter markörernas koordinater ganska exakt. Det problematiska är utrustningen samt för- och efterarbetet. Om Qualisys vore enklare att använda, möjligt att rigga i en träningshall, markörerna gick att fästa bättre samt att kraften skulle kunna mätas på större ytor, skulle en bredare undersökning kunna göras och därigenom kunna analysera skador som uppkommer under träning. Kritiska vinklar i kombination med krafter skulle kunna lokaliseras, men problemet att finna en mätmetod som kan prediktera skada skulle fortfarande finnas kvar. Qualisys kan inte prediktera skada automatiskt utan någon skulle få analysera gymnasterna efter träningar. Detta skulle kanske kunna förhindra skador genom att gymnaster vars landningsmönster kan komma att ge en skada i framtiden skulle kunna lokaliseras, men att till exempel tränare ska analysera alla gymnaster efter träningstillfällena är inte realistiskt. Utrustningen till den tänkta mätmetoden som ska användas får inte vara i vägen för gymnasterna, den ska kunna känna av vinklar och krafter samt signalera skador. Dessvärre uppfyller Qualisys inte dessa kriterier som det ser ut idag.

5.2 Videoanalys i TEMA

På samma sätt som för Qualisys var det ett antal faktorer som försvårat utvärderingen av TEMA. De GoPro-kameror som användes under filmningen hade inte tillräckligt bra upplösning, detta medförde problem vid analys av filmerna i mätprogrammet TEMA. Markörerna på gymnasternas fötter blev suddiga och

därmed svåra för programmet att lokalisera. Detta innebar att markörerna fick placeras manuellt i programmet vilket gjorde att resultatet blev mindre tillförlitligt. Sannolikheten att placera ut markörerna på exakt samma ställe vid varje sekvens inte är särskilt stor vilket resulterar i många små mätfel på vinklarna, därav är inte resultatet helt pålitligt. Det skulle krävas kameror med betydligt högre upplösning, som kan ta fler bilder per sekund, för att få en skarp bild hela rörelsen igenom. Dessa kameror är dock för dyra för att det skulle bli hållbart för föreningarna att köpa in. En annan möjlig felkälla är att huden rör sig gentemot benet när gymnasterna hoppar. Det innebär att markörerna inte riktigt är kvar på exakt samma ställe under hela rörelsen. Då markörerna är utsatta på ben i foten som ansågs viktiga för bedömning av skada blir det därför inte korrekt om huden och markören rör sig gentemot benet.

Ytterligare en faktor som skapade problem i studien var att det inte gick att filma alla plan. Det skulle behövts två kameror till som fångade fotens rörelse i frontal- samt horisontalplanet. Detta för att få fram fotens pronation och supination rörelser. Nu kunde kamerorna endast placeras vid sidan av mattan, sagittalplanet, vilket enbart gav vinkeln mellan foten och smalbetet från sidan, dvs fotens plantar- och dorsalflexion. Samtidigt verkar inte forskningsstudier som gjort på fotledsskador vara helt överens angående hur just fotens vinkel i sagittalplanet har för betydelse för skada. Som tidigare nämnt menar vissa att vinkeln är ett viktigt inslag i orsaken till skada, medan det i senare forskning har ifrågasatts om den verkligen är en avgörande faktor. Givetvis spelar denna osäkerhet in i bedömningen av hur relevant videoanalyser genom program som TEMA är. Visar det sig att vinkeln inte har en stor betydelse tappar TEMA en del av sin funktion vad gäller skadeprediktion.

5.3 Vidare utveckling och utvärdering av oprövade metoder

I följande stycke diskuteras våra teorier om de oprövade metoder som presenterades under teori-kapitlet. Diskussion innefattar hurvida vi anser dem lämpliga som mätmetoder inom gymnastiken eller ej och om de därav blir av intresse att studera vidare i kommande arbeten.

När det gäller en accelerometer anser vi att den kan bli relevant vid en vidareutveckling av projektet av flera anledningar. Dels för att den är lätthanterlig och liten samt att dess data kan överföras via bluetooth. Detta innebär att den kan kopplas till exempelvis en smartphone och på så sätt få informationen, som accelerometern uppmät vid gymnastens hopp, på ett snabbt och smidigt sätt. På grund av dess storlek går det att tejpas fast den på fotens ovansida utan att den stör gymnasterna. Det finns många tidigare studier på mätning av fysisk aktivitet där accelerators använts, vilket indikerar att det skulle kunna vara en bra metod i vårt fall, något som även Dan Kuylenstierna stärkte.

En lastcell kan vara ett mätsystem att gå vidare med i fortsatta studier då den kan mäta de krafter som uppstår vid landning. Då storleken på en lastcell är mycket liten är en idé att fästa den i ett hälskydd som gymnasten kan ha på sig under träning. Detta skulle innebära det att alla krafter som uppstår under övningarna skulle kunna identifieras och när en skada inträffar kan kraften vid just det ögonblicket verifieras.

En trågtöjningsgivare kan, som tidigare nämnts, imitera en människas hud och det bör därför inte vara omöjligt att imitera exempelvis en sena i foten med en trådtöjningsgivare. Detta skulle vara fördelaktigt i laborationstester som undersöker påfrestningar på exempelvis plantarfacian. Om imitation av en sena är möjligt kan storleken på töjningen samt i vilken riktning töjningen bli farlig studeras. Denna sortens test är inte något som skall utföras på gymnaster under träning utan skulle endast användas som biomekanisk bakgrund för att skapa förståelse för exempelvis vilken belastning plantarfacian tål.

Gyroskop kan vara ett bra instrument att använda, dels för dess storlek och dess överkomliga pris, men framförallt för att den kan få fram fotens vridning och de vinklar som efterfrågas. Genom att den kan mäta rotation kring 3 axlar fås fotens rörelse i alla tre plan, vilket i sin tur gör att identifiering av fotens exakta position vid exempelvis en fotledsdistortion är möjlig.

Att använda en rotationshastighetsensor kan vara ett alternativ då den har möjlighet att mäta muskelstyrka, vilket är relevant då gymnastens styrka är en bidragande faktor till hur lätt skada uppstår, som nämntes under kapitel 2.2.2. Genom att mäta hur starka musklerna är, d.v.s. den isometriska musklerstyrkan, borde det gå att få indikationer om hur stor risken är för skada i korrelation till gymnastens styrka. Rotationshastighetssensorn är dock inte aktuell att använda på gymnaster under träning på grund av dess storlek. Däremot skulle den passa bra i en laboratoriemiljö för eventuella förstudier.

5.4 Framtida mätmetod

Enligt vår undersökning skulle en kombination av olika mätinstrument utgöra den bästa mätmetoden. Grundläggande för att en mätmetod ska fungera är att den inte stör gymnasten i sitt utförande, den måste ha ett pris som ligger inom ramen för vad en förening kan betala samt att den inte kräver allt för mycket för- och efterarbete. En kombination av gyroskop och en form av kraftmätare skulle kunna ge de resultat vi anser väsentliga. Som kraftmätare anser vi att en accelerometer skulle vara det bästa alternativet vid jämförelse med en lastcell. Detta för att lastcellen måste fästas under foten i exempelvis ett hälskydd vilket vid konstant användning skulle innebära att styrkan i fötterna inte byggs upp tillräckligt väl. Alternativet skulle kunna vara att ha lastceller i mattan eller exempelvis trampetten. Men sannolikheten att lyckas landa direkt på lastcellen är

inte särskilt stor vilket skulle innebära att resultatet blir felaktigt. En accelerometer däremot, har fördelarna att den kan sättas samman med ett gyroskop till en modul samt att dess data kan överföras via bluetooth. Denna modulen skulle då kunna, med hjälp av accelerometern, få fram fotens position i rymden, de krafter som uppstår samt, tack vare gyroskopet, vilka vinklar som foten har under övningens gång.

Då både gyroskop och accelerometrar är små mätinstrument resulterar det i en mycket liten modul. Denna borde utan problem kunna gå att fästa på exempelvis ovansidan foten med hjälp av tejp. Dock på ett ställe på foten så att tejp inte påverkar varken stabiliteten eller friktionen mot redskapen.

Priset på komponenterna är en stor bidragande faktor till hurvida mätmetoden kommer kunna användas eller ej och är därför väsentligt att ta med i beaktning när mätsystemet ska väljas. Enligt Dan Kuylenskierna, (personlig kommunikation, 05-05-2017), kan en standard IMU, d.v.s. en kombination av gyroskop, accelerometer, och kompass, kosta runt 50-100 SEK beroende på varifrån man beställer den. Detta är ett pris som borde ligga inom ramen för vad en förening skulle ha råd och vara villiga att betala för ett mätsystem.

5.5 Etik

Att kunna använda sig av ett mätinstrument på gymnaster under träning, som kan mäta vilken belastning gymnasten utsätts för samt vad dess kropp klarar av, är något vi ser som positivt. Det finns dock etiska aspekter som skulle kunna orsaka problem om tränarna inte är fullt medvetna om vilka konsekvenser ett sådant mätsystem skulle kunna få. En negativ konsekvens skulle kunna vara att tränaren, eller gymnasten själv, driver på för hårt för att mätutrustningen indikerar att det går, att det inte är någon risk för skada. Att sluta ta hänsyn till vad gymnasten i fråga själv klarar av utifrån sina egna förutsättningar kan sluta med att gymnasten pressas på för hårt och till slut kanske skadan är framme ändå. Mätmetoden ska finnas som säkerhet för att minimera skaderisken, inte som en pådrivare till att utföra svårare eller nya övningar.

Ytterligare en konsekvens ett system av detta slag skulle kunna innebära är en utgallring och favorisering på grund av att det går att läsa av hur mycket varje gymnasts kropp klarar av. Detta innebär att tränarna snabbt skulle kunna se vilka som lämpar sig för svårare övningar och hårdare träning. Man kan dra en parallell till försäkringsbolag. Om försäkringsbolag hade gjort en fullständig medicinsk undersökning av varje person innan de bestämde om personen i fråga skulle få försäkring eller ej så hade det fått negativa konsekvenser. Försäkringsbolagen hade helt enkelt valt att bara försäkra de personer som inte har risk för några sjukdomar eller skador, för att det hade varit förmånligt för dem. Vi tror att det finns en risk att samma problem skulle kunna uppstå inom gymnastiken. Tränarna

väljer att satsa på de gymnaster som visar bäst resultat på testerna och resterande gymnaster "glöms av". Sker dessa testerna i för tidiga åldrar kan det innebära att fler ungdomar slutar för tidigt. De får inte en rättvis chans eftersom kroppens utveckling sker i olika åldrar och olika snabbt. De gymnaster som får bra på testerna kanske har kommit in i puberteten tidigare, eller haft möjlighet att träna mer innan testerna. I detta fall är det viktigt att det sker kontinuerliga tester, med syfte att tränarna ska se gymnasternas utveckling och säkerställa att gymnasten inte driver på för hårt. Mätsystemet ska inte användas för utgallring utan endast, som tidigare nämnts, som säkerhet.

Frågorna som uppstår angående någon form av mätutrustning är många: Ska den endast få ske på elitnivå? Ska den användas i yngre åldrar för att förhindra skador, eller först efter att gymnasten kommit in i puberteten? Hur ska den i sådan fall användas på rätt sätt? Vem ska få ta del av resultatet, bara tränarna eller även gymnasterna? Detta är frågor som kommer vara svåra att besvara och ta ställning till, men viktiga att ta hänsyn till när denna utrustning förhoppningsvis blir ett faktum.

5.6 Överbelastningsskador

Överbelastningsskador är ett relativt outforskat område vilket gör det svårt att förebygga. Dock är överbelastningsskador, som tidigare nämnt, vanligt i idrottsvärlden och även gymnaster har problem med detta. Trots att de mätmetoder som behandlas i denna rapporten tar hänsyn till momentana belastningar och de skador som uppstår, så anser vi att det är viktigt att även ta hänsyn till överbelastningsskador uppstår på grund av en skada eller en hög belastning under lång tid. Exempel på en sådan kan vara en fotskada som leder till höft- och ryggskada på grund av snedbelastningen som uppstår efter fotskadan. Ett annat exempel är att vid många landningar med framåtböjd rygg kan en överbelastningsskada uppstå på ländryggen.

Vi tror, baserat på de skador vi undersökt, att en orsak till att många slutar träna är på grund av överbelastningsskador som uppstår, då det ej har tagits hänsyn till läkningsprocessen. Det är viktigt att full rehabilitering sker innan träning eller tävlingsmoment upptas igen.

Som nämnts tidigare kan benhinneinflammation uppstå på grund av överpronation och höga hopp utan stötdämpande skor. Om en bra mätmetod togs fram så skulle det också kunna göras en större datainsamling för att se om det finns någon korrelation mellan fotledsdistortioner, hälsporre och benhinneinflammation. Kanske skulle resultatet bli att alla gymnaster måste ha något form av sko på fötterna för att överhuvud taget ens få genomföra övningar. Vi anser att det inte borde vara ett allt för stort hinder för gymnasterna att använda sig av lätta och smidiga skor som dessutom kan hålla fötterna varma, kalla golv gör att föt-

terna kyls ner vilket kan vara en bidragande orsak till skador. Skorna skulle även dämpa landningarna vilket är bra inte minst för att förebygga hälsoporre. Eftersom hälen är den del som bär den största vikten skulle ett mjukare underlag göra att belastningen på Plantarfacian minskar och således minskar risken för skada.

Vid vidare arbete krävs mer kunskap om hur uppdelningen är mellan momentana skador och överbelastningsskador. Om en gymnast landar bra kommer kroppen och fotlederna kunna ta emot höga krafter, högre krafter än vad gymnasten klarar av att uppnå med bara sin kroppsvikt och höjden. Om en gymnast däremot landar snett, krävs det inte alls lika höga krafter innan det kan uppstå skada. Bättre tränade fotleder eller införande av fotledsskydd för stabilisering skulle kanske kunna minska antalet skador och på så vis även överbelastningsskadorna som följer. En annan faktor som bidrar till antalet skador är underlaget gymnasterna landrar på. Det är vanligt att gymnasterna landar på mjuka mattor under träningarna och endast övar på hårda mattor några dagar innan tävling. Detta medför att fotlederna inte är vana vid denna hårda landning, musklerna inte är tillräckligt uppbyggda för att klara av att landa korrekt, vilket medför att risken för skador ökar. Då de mjuka mattorna är nödvändiga att använda när nya övningar övas in går det inte att ta bort dem helt. Dock måste landning på det hårda mattorna inkluderas oftare, även under vanliga träningar, samt att fokus måste ligga på att träna upp fotlederna extra under styrketräningen, något som vi tror ofta glöms av.

För att kunna utföra en bra landning är det viktigt att gymnasten har en bra höjd på sitt hopp, dels för att hinna utföra övningen och sedan hinna förbereda landningen. Även om gymnasten i fråga inte hamnar så pass fel att det uppstår en skada just då, kommer förmodligen diverse överbelastningsskador uppstå. Ett mätsystem kan i dagens läge inte förutse detta, inte heller kan det hjälpa gymnasterna med att få bättre höjd eller teknik i hoppen, det kan endast träning förbättra. Tränarna kanske måste se till att grundträningen blir bättre, både tekniken i övningen och i landningen snarare än att ett mätsystem måste implementeras. Starkare muskler på en gymnast kan både öka möjligheterna till bra höjd samt minska risken för skada genom att kroppen är bättre rustad för felsteg. Ta peroneusmusklerna som ett exempel, då de är skadade kan de inte fylla sin funktion vilket ökar risken för att trampa snett. Kan det inte vara så att instabilitet och risken för skada kan öka om de inte är tillräckligt starka? Detta är inget vi kan svara på men ett tecken på att musklerna spelar en avgörande roll är som ovan nämnt att den muskulösa Simone Biles aldrig haft en skada trots sin långa karriär inom gymnastiken.

5.7 Brist på förarbeten

En stor svårighet i detta arbete har varit bristen på förarbeten om skador på gymnasters fötter. Trots att faktasökning skett på stora databaser så som PubMed, Google Scholar samt Chalmers egna bibliotek så har många antaganden och förenklingar fått göras. Exempelvis så har många studier gjorts på fotskador som

uppstår hos löpare vilket gjort att vi fått anta liknande skador för gymnaster. Vi utgick också från studier på löpare när vi gjorde tester på GU-laboratoriet. Dessa förenklingar kan ge vissa fel i resultatet, vilket innebär att även slutsatsen blir felaktig, då belastningen på löpares fötter och gymnasters fötter är olika. Speciellt då löpare oftast har skor med bra stötdämpning och stadga medan gymnaster oftast utför sina hopp utan skor. Vi anser att för att detta arbetet med syftet att utvärdera mätsystem skall kunna fortskrida krävs att fältstudier och större datainsamlingar görs för att mer bakgrundsfakta ska kunna användas vid utvärderingen. Då detta arbete fokuserar på skador på fötter skulle det också vara till fördel om det funnits simuleringsprogram där fötter kunnat simuleras mer exakt. Idag kan en fot endast simuleras som en enhet men på grund av fotens komplexa uppbyggnad krävs en noggrannare modell av foten där alla muskler, ben och senor inkluderas. Vi tror att om en sådan modell hade tagits fram så hade det sparat mycket tid vid ett eventuellt vidarearbete. Detta då många simuleringar kan ersätta en större datainsamling samt att en simulering kan testa vilka laster som orsakar skador. Något som etiskt inte är möjligt vid fältstudier.

5.8 Range of Motion

Det är svårt att dra slutsatser från de resultaten vi tog del av från GU-laboratoriet samt filmanalyserna med TEMA då varje person har olika ROM. En persons ROM är individuellt och många faktorer kan påverka fotledens rörlighet. Exempelvis så kan det bero på hur länge personen i fråga har tränat, hur gammal personen är samt på om den är överrörlig eller ej. För att ta fram ett mätsystem som på ett rättvist sätt kan mäta risken för skada måste hänsyn tas till gymnastens individuella ROM. För att vårt resultat skulle vara mer korrekt hade det alltså krävt att vi innan testerna utvärderade varje gymnasts ROM. När vinklarna sedan uppmättes vid landning skulle utvärdering göras baserat på hur mycket från ROM vinkeln avviker. För att mätsystemet ska kunna indikera när landningarna börjar bli farliga krävs alltså en större datainsamling där syftet skulle vara att kontrollera den procentuella avvikelsen från ROM istället för bara vinklarna.

6

Slutsats

Den mätutrustning som används i laboratoriet är för dyr och avancerad för att kunna vara användbar under träningar. Slutsatsen blir att de prövade metodernas utrustning både är för dyr och för svår att koppla upp. Dessutom är metoderna för tidskrävande då markörerna måste placeras ut på exakt rätt ställen inför varje tillfälle, vilket ingen gymnast eller tränare skulle orka med i längden. Det är inte heller hållbart att någon ska sitta och analysera filmer och krafter i efterhand utan det behövs ett självgående system som signalerar när risk för skada uppkommer. Något sådant system skulle kunna tas fram på liknande sätt som tidigare gjorts för att beräkna effekt hos skidåkare, som sedan kan kopplas direkt till tränarens smartphone.

Systemet skulle behöva veta vilka värden som indikerar skada för att kunna förvarna tränaren innan en skada uppstår, vilket kräver en individuell utvärdering av varje gymnasts rörelseomfång. Ifall tillräcklig data om gymnasterna kan läsas in till mätsystemet och om systemet kan förstå vilken gymnast det är som hoppar, skulle tränaren kunna följa varje rörelse i gymnastens övning. Systemet skulle då även kunna informera tränaren om var och när risk för skada uppstår. För att realisera ett sådant system behöver framförallt forskning angående relevant indata för systemet genomföras. Dessutom skulle ett sådant system behöva utvecklas från teori till en verklig produkt med noggrann analys av de olika mätteknikerna och deras samverkan.

Ytterligare en slutsats är att mer forskning krävs inom anatomin gällande musklernas inverkan på skaderisk. En teori är att implementering av styrketräning och fokus på muskeluppbyggnad kan minska antalet skador betydligt, något som även observerats då mycket muskulösa gymnaster har betydligt färre skador än mindre muskulösa gymnaster.

För att underlätta vid noggrannare studier av gymnasters fötter rekommenderar vi även att ta fram en simuleringsmodell av foten. På så sätt kan större datainsamlingar göras under kortare tid, samt är det då även möjligt att studera skadliga landningar utan att utsätta riktiga människor för detta.

Litteratur

- Grey, H (1918). *Anatomy of the Human Body*. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray441.png> (hämtad 2017-05-02).
- Kimura, S och H Yamaguchi (1985). "Angular velocity sensor." I: URL: <https://www.google.com/patents/US4671112>.
- Sonesson, B (1993). *Människans anatomi och fysiologi*. (Hämtad 2017-03-04).
- Bahr, R, F Pena m. fl. (1998). *Ligament force and joint motion in the intact ankle: a cadaveric study*. DOI: 10.1007/s001670050083. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9604197> (hämtad 2017-03-28).
- McNitt-Gray, J m. fl. (2001). *Mechanical demand and multijoint control during landing depend on orientation of the body segments relative to the reaction force*. Vol. 34. DOI: 10.1016/S0021-9290(01)00110-5. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929001001105> (hämtad 2017-03-25).
- Norkus, S och R Floyd (2001). *The anatomy and mechanisms of syndesmotic ankle sprains*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155405> (hämtad 2017-02-23).
- Beneka, A m. fl. (2002). *Injuries in artistic gymnastic elite adolescent male and female athletes*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22387439> (hämtad 2017-05-04).
- Arampatzis, A m. fl. (2004). *Interaction of the human body and surfaces of different stiffness during drop jumps*. Vol. 36, s. 451–459. DOI: 10.1249/01.MSS.0000117166.87736.0A. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Interaction+of+the+Human+Body+and+Surfaces+of+Different+Stiffness+during+Drop+Jumps> (hämtad 2017-03-28).
- Caine, D och L Nassar (2005). *Gymnastics Injuries*. URL: <http://www.karger.com/Article/Pdf/84282> (hämtad 2017-03-25).

-
- Haasper, C m. fl. (2006). *Gymnastic school sport injuries—aspects of preventive measures*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16791783> (hämtad 2017-05-04).
- Putz, R och R Pabst (2006). *Sobotta - Atlas of Human Anatomy*. Vol. 2. Elsevier GmbH, s. 295–303. ISBN: 978-0-443-10349-0.
- Harringe, M, P Renström och S. Werner (2007). *Injury incidence, mechanism and diagnosis in top-level teamgym: a prospective study conducted over one season*. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00546.x.
- Karlsson, J. (2007). *Ligamentskador i fotleden*. URL: <http://centrumforidrottsforskning.se/article/ligamentskador-fotleden/> (hämtad 2017-03-04).
- Arai, T m. fl. (2008). *The Feasibility of Measuring Joint Angular Velocity With a Gyro-Sensor*. Vol. 89, s. 95–99. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.07.051. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18164337> (hämtad 2017-03-04).
- Gudiol, J (2008). *Fotledsskador, del I*. URL: <http://traningslara.se/fotledsskador-del-i> (hämtad 2017-02-11).
- Chan, KM m. fl. (2009). "Biomechanics of Supination Ankle Sprain: A Case Report of an Accidental Injury Event in the Laboratory". I: *The American Journal of Sports Medicine* 27.4. DOI: 10.1177/0363546508328102. URL: <http://journals.sagepub.com.proxy.lib.chalmers.se/doi/pdf/10.1177/0363546508328102>.
- Henriksson, L (2009). *Träningplanering för kvinnliga trupp gymnaster*. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:357954/FULLTEXT01.pdf> (hämtad 2017-04-26).
- Bahr, R, E Kristianslund och T Krosshaug (2011). *Kinematics and kinetics of an accidental lateral ankle sprain*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kinematics++andkinetics++of++an++accidental++lateral++ankle++sprain> (hämtad 2017-05-04).
- Derrickson, B och GJ Tortora (2011). *Principles of anatomy and physiology*. Vol. 2. Wiley cop. ISBN: 9780470924297.
- Lund, S och G Myklebust (2011). *High injury incidence in teamgym competition: a prospective cohort study*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21812827>.
- Lerscha, C m. fl. (2012). *Influence of calcaneus angle and muscle forces on strain distribution in the human Achilles tendon*. Vol. 27, s. 955–961. DOI: 10.1016/j.

-
- clinbiomech.2012.07.001. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003312001490> (hämtad 2017-03-28).
- Pang, C m. fl. (2012). *A flexible and highly sensitive strain-gauge sensor using reversible interlocking of nanofibres*, s. 795–801. DOI: 10.1038/nmat3380. URL: <http://www.nature.com/nmat/journal/v11/n9/abs/nmat3380.html> (hämtad 2017-04-20).
- Anatomography (2013). *File:Fibula - anterior view2.png*. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibula_-_anterior_view2.png (hämtad 2017-03-15).
- Atkins, T och M Escudier (2013). *A Dictionary of Mechanical Engineering*. Oxford University Press. ISBN: 9780199587438. (Hämtad 2017-03-04).
- Nilsson, J. och S. Nilsson (2013). *Skadeincidenter inom kvinnlig truppergymnastik i Sverige*. DOI: 10.1080/14763141.2015.1029514. URL: http://www.gymnastik.se/ImageVaultFiles/id_18248/cf_418/Skadeincidens_hos_kvinnliga_truppergymnaster_i_Sveri.PDF (hämtad 2017-02-23).
- Hagelqvist, L m. fl. (2014). *Fotledsdistorsion*. URL: <http://www.lakartidningen.se/Klinik-och-vetenskap/Medicinens-ABC/2014/02/Fotledsdistorsion> (hämtad 2017-03-28).
- Hård af Segerstad, J (2014). *Diagnoser, Idrottsskador, Ont i foten*. URL: <http://naprapat.net/fotens-funktionella-anatomi-och-dess-skador/> (hämtad 2017-03-28).
- Law, J och R Rennie, utg. (2015). *A Dictionary of Physics*. Oxford University Press. ISBN: 9780198714743. DOI: 10.1093/acref/9780198714743.001.0001. URL: <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780198714743.001.0001/acref-9780198714743>.
- Bengths, M m. fl. (2016). *En effektsensor för längdskidåkning*.
- Bhaskaran, D m. fl. (2016). *Effects of a combined inversion and plantarflexion surface on knee and hip kinematics during landing*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27241950> (hämtad 2017-05-04).
- MedicineNet, Inc (2016). *Medical Illustrations*. URL: http://www.medicinenet.com/image-collection/foot_anatomy_detail_picture/picture.htm (hämtad 2017-02-05).
- Anatomifysiologi (2017). *Fotens skelett | Anatomi & Fysiologi*. URL: <https://anatomifysiologi.se/anatomi/skelett/fotens-skelett/> (hämtad 2017-03-28).

Draghi, F m. fl. (2017). "Imaging of plantar fascia disorders: findings on plain radiography, ultrasound and magnetic resonance imaging". I: *Insights into Imaging* 8.1, s. 69–78. ISSN: 1869-4101. DOI: 10.1007/s13244-016-0533-2. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s13244-016-0533-2>.

GF Kennedy: *Om Kennedy* (2017). URL: <http://www.gfkennedy.com/index.php?id=126> (hämtad 2017-03-28).

Gustafsson, A (2017). "Redskapsreglemente Trupp. Svenska Gymnastikförbundet". I: URL: http://www.gymnastik.se/ImageVaultFiles/id%7B%5C_%7D7248/cf%7B%5C_%7D418/Redskapsreglemente%7B%5C_%7D2017.PDF.

Kubo, K m. fl. (2017). "Active muscle and tendon stiffness of plantar flexors in sprinters". I: *Journal of Sports Sciences* 35.8, s. 742–748. ISSN: 0264-0414. DOI: 10.1080/02640414.2016.1186814. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2016.1186814>.

"Idrottshögskolan" (8601). I: URL: <http://iki.gu.se/idrottshogskolan>.

1177.se. "Muskler och senor". I: URL: <https://www.1177.se/Halland/Tema/Kroppen/Rorelseapparaten/Muskler-och-senor/?ar=True>.

Anatomic, Ortopedteknik (2017). *Pronation eller supination* | *Anatomic.nu*. URL: <http://www.anatomic.nu/pronation-eller-supination/> (hämtad 2017-03-28).

Baranto, A (2017). *Unga elitidrottare drabbas av överbelastningsskador i ryggen*. URL: <http://centrumforidrottsforskning.se/wp-content/uploads/2014/04/Overbelastningsskador-ryggen.pdf> (hämtad 2017-04-02).

BOSH (2017). *What is an accelerometer, 3 axis accelerometers, wireless applications - Future Electronics*. URL: <http://www.futureelectronics.com/en/sensors/accelerometers.aspx> (hämtad 2017-03-28).

Commons, Wikipedia (2017). *Demonstration of the right foot in pronation, neutral and supinated subtalar joint placements. Over-pronation (excessive pronation) occurs when the ankle begins to roll inward by more than 5 degrees, demonstrated with the arrows*. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%5C%3AAnkle_Pronation_Position.png (hämtad 2017-05-02).

Electronics, SparkFun (2017). *Gyroscope -How a Gyro Works*. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/gyroscope/how-a-gyro-works> (hämtad 2017-03-28).

-
- Engineering, OMEGA (2017). *Load Cell Types: Choosing the Right Pressure Equipment*. URL: <http://www.omega.com/technical-learning/types-of-load-cells.html> (hämtad 2017-03-28).
- Fotcentrum. "Foten". I: URL: http://www.fotcentrum.se/data/Foten%7B%5C_%7Dver1.pdf.
- Goodrich, R (2017). *Accelerometer vs. Gyroscope: What's the Difference?* URL: <http://www.livescience.com/40103-accelerometer-vs-gyroscope.html> (hämtad 2017-03-28).
- Gudiol, J (2017). *Antagonist*. URL: <http://traningslara.se/antagonist> (hämtad 2017-05-05).
- Gymnastikförbundet, Svenska (2017). *Vår organisation - Svenska Gymnastikförbundet*. URL: <http://www.gymnastik.se/Om-oss/Var-organisation> (hämtad 2017-02-16).
- Harringe, M (2017). *Swedish TeamGym, Injury incidence, mechanism, diagnosis and postural control*. URL: <https://openarchive.ki.se/xmlui/bitstream/handle/10616/38251/thesis.pdf?sequence=1> (hämtad 2017-05-02).
- IFK-Kliniken (2017a). *Fotledens anatomi - Ortho Center IFK Kliniken*. URL: <http://ifk-kliniken.orthocenter.se/sv/patientinformation/vi-behandlar/fot> (hämtad 2017-03-28).
- (2017b). *Peroneusseneluxation/-ruptur - Ortho Center IFK Kliniken*. URL: <http://ifk-kliniken.orthocenter.se/en/patientinformation/vi-behandlar/fot/peroneusseneluxation-ruptur> (hämtad 2017-03-28).
- ImageQuest., Encyclopædia Britannica (2017a). *Plantar fascia, artwork. [Photograph]*. URL: http://quest.eb.com/search/132_1433446/1/132_1433446/cite (hämtad 2017-05-02).
- ImageQuest, Encyclopædia Britannica (2017). *The bones of the foot. Illustration*. URL: http://quest.eb.com/search/161_2356276/1/161_2356276/cite (hämtad 2017-05-02).
- ImageQuest., Encyclopædia Britannica (2017b). *Torn ankle ligaments, artwork. Photograph*. URL: http://quest.eb.com/search/132_1362236/1/132_1362236/cite (hämtad 2017-05-02).
- LLC, Dimension Engineering (2017). *A beginner's guide to accelerometers*. URL: <https://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers> (hämtad 2017-04-20).

MedArbetarna (2017). *Stukad fot | Ledbandsskador i fotled - MedArbetarna Naprapatern*. URL: <http://www.medarbetarna.se/ledbandsskador-i-fotled> (hämtad 2017-02-16).

Nilsson, S och J. Karlsson (2017). *Fotledsdistorsion*. URL: <http://www.internetmedicin.se/page.aspx?id=399> (hämtad 2017-03-28).

OpenStax College, Anatomy & Physiology (2017). *Eversion and inversion. Also referred to as pronation and supination*. URL: <https://cnx.org/contents/qCnsYyus@3/Types-of-Body-Movements> (hämtad 2017-05-02).

Physiology, OpenStax College. Anatomy & (2017a). *Dorsalextension und Plantarflexion*. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dorsalextension_und_Plantarflexion.PNG (hämtad 2017-05-02).

– (2017b). *The three planes most commonly used in anatomical and medical imaging are the sagittal, frontal (or coronal), and transverse plane*. URL: <https://cnx.org/contents/F-TuqKAF@3/Anatomical-Terminology> (hämtad 2017-05-02).

QualisysAB (2017). *Our motion capture cameras*. URL: <http://www.qualisys.com/cameras/> (hämtad 2017-04-20).

SverigesRadio (2017). *Hård träning, trasig kropp - Kaliber | Sveriges Radio*. URL: <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=1316%7B%5C%7Dartikel=5412199> (hämtad 2017-03-28).

Säfström, C och O Särnbratt Fransson. "Institutionen för neurobiologi, vårdvetenskap och samhälle *Ankle sprains in female team gymnasts -A retrospective questionnaire study*". I: URL: http://www.gymnastik.se/ImageVaultFiles/id%7B%5C_%7D21360/cf%7B%5C_%7D418/Fotledsdistorsioner%7B%5C_%7Dhos%7B%5C_%7Dkvinnliga%7B%5C_%7Dtrupp%7Dgymnaster.PDF.

Trådtöjningsgivare (2017). URL: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A5dt%C3%B6jningsgivare> (hämtad 2017-03-28).

Öhlin, A (2017). *Benhinneinflammation (medialt tibiasyndrom) - symtom, behandling, egenvård*. URL: <http://benhinneinflammation.com/> (hämtad 2017-03-28).

Öjersjö (2017). *Föreningen - Öjersjö GF - IdrottOnline Klubb*. URL: <http://idrottonline.se/OjersjoGF-Gymnastik/foreningen> (hämtad 2017-03-28).

A

Samarbeten

Kandidatarbetet har två olika beställare, Svenska Gymnastikförbundet och Göteborgs Universitet. Förutom beställarna var gymnastikföreningarna GF Kennedy och Öjersjö GF involverade i arbetet.

A.1 Svenska Gymnastikförbundet

Svenska gymnastikförbundet var beställare till kandidatarbetet och kontakt togs i ett tidigt skede av projektet för att genom dialog identifiera behov och avgränsning av data. Enligt Svenska Gymnastikförbundet (Gymnastikförbundet, 2017), bildades Svenska Gymnastikförbundet 1904 och är en ideell organisation. Förbundet är en av 70 specialidrottsförbund (SF) som bildar Riksidrottsförbundet (RF). Gymnastikförbundet har 1100 gymnastikföreningar som genomför den praktiska gymnastik-verksamheten.

Pia Josephson var kontaktperson från förbundet och bistod med erfarenhet och visst underlag av bland annat andra rapporter hon ansåg väsentliga för arbetet.

A.2 Göteborgs Universitet

Under arbetes gång har kompetens och laborationslokaler på Göteborgs Universitet utnyttjats. På universitetet finns Kunskapscentrum för hälsa och prestationsutveckling, KHP, ("Idrottshögskolan" 8601), för tillämpad utbildning och forskning inom idrott, hälsa och kost. KHP samarbetar med Katrinelunds Elitidrottsgymnasium och Västsvenska Idrottsförbundet och har bland annat en multisporthall, en dans- och rytmiksal, föreläsningssalar, konferensrum, special gym samt ett flertal lokaler med avancerad mätutrustning för främst styrka, uthållighet och rörelseanalys. KHP har metoder och utrustning för forskning, utbildning, testning, produktutveckling och träning. Syftet med verksamheten är utveckling av idrottslig och hälsoinriktad prestation i vid bemärkelse.

På KHP finns lokaler med mätutrustning för rörelseanalys och styrka vilka användes i kandidatarbetet och dessa utrymmen benämns som GU-laboratoriet i rapporten. På GU-laboratoriet reproducerades utvalda exempel från fältstudien i laboratoriemiljö. För att genomföra mätningarna hölls kontakt med Andreas Zachrisson som hjälpte till med att handleda utförandet i laboratoriet samt efterarbetet.

A.3 Gymnastikföreningar

Gymnastikföreningen Kennedy samt Öjersjö Gymnastikförening är två gymnastikföreningar i Göteborgsområdet som var involverade i arbetet. Båda dessa är även anslutna till Svenska Gymnastikförbundet. GF Kennedy startade 1951, enligt deras hemsida (*GF Kennedy: Om Kennedy* 2017), har ca 900 aktiva medlemmar och är en etablerad förening i Majorna, Göteborg.

Öjersjö GF startades 1992, enligt hemsida (Öjersjö, 2017) och verksamheten är lokaliserad i Öjersjö, Partille. Öjersjö GF har strax över 300 aktiva medlemmar, en dubbling på två år då de för två år sedan endast hade ca. 150 aktiva medlemmar. Öjersjö GF erbjuder träning för barn och ungdomar mellan 4 till 17 års ålder.

B

Medgivandeblankett för filmstudie

En blankett om medgivande att vara med på film gavs ut till aktuella gymnaster för att fyllas i. Dessutom gjordes en blankett om medgivande till ge gymnaster som följde med till GU-laboratoriet för ytterligare studier.

B.1 Medgivande för filmstudie

Medgivande att medverka i studie av skador i samband med Truppgymnastik

I samarbete med Svenska Gymnastikförbundet utförs ett kandidatarbete på Chalmers med syfte att utveckla och utvärdera system för att mäta belastning på gymnasters fotleder vid landning. Arbetet är en delstudie i ett långsiktigt arbete som syftar till att minska risken för skador i samband med träning och tävling i Truppgymnastik. Som underlag för studien önskar vi som utför kandidatarbetet filma en grupp gymnaster under träning.

Filmerna kommer **inte** publiceras utan används endast som underlag för biomekaniska studier. Filmerna sparas avidentifierade.

Medgivande om medverkan på film:

Jag samtycker till att min dotter/son medverkar på film enligt ovanstående och intygar även att min dotter/son är underrättad om detta och accepterar att hon/han medverkar på film och att dessa får användas enligt ovanstående.

.....
Ort och datum

.....
Barnets namn

.....
Barnets underskrift

☐ Jag accepterar att min dotter/son filmas till framtida forskning enligt ovanstående.

.....
Underskrift målsman 1

.....
Namnförtydligande

.....
Underskrift målsman 2

.....
Namnförtydligande

Meddelande om att **inte** publicera bilder

☐ Jag önskar **inte** att min dotter/son medverkar på film.

.....
Barnets namn

.....
Underskrift målsman 1

.....
Namnförtydligande

.....
Underskrift målsman 2

.....
Namnförtydligande

B.2 Medgivande om sensorstudie på GU

Medgivande att medverka i studie av skador i samband med Truppgymnastik

I samarbete med Svenska Gymnastikförbundet utförs ett kandidatarbete på Chalmers med syfte att utveckla och utvärdera system för att mäta belastning på gymnasters fotleder vid landning. Arbetet är en delstudie i ett långsiktigt arbete som syftar till att minska risken för skador i samband med träning och tävling i Truppgymnastik. Som underlag för studien önskar vi som utför kandidatarbetet filma en grupp gymnaster under träning. Vi kommer även att behöva gymnaster som följer med oss till Göteborgs Universitets sportlabb vid ett eller två tillfällen för att med sensorer på kroppen utföra gymnastiska övningar i labbmiljö för analys.

Medgivande om medverkan på film:

- A. Jag samtycker till att min dotter/son medverkar på film och foto enligt ovanstående och intygar även att min dotter/son är underrättad om detta och accepterar att hon/han medverkar på film/foto och att dessa får användas till analys under arbetet.
- B. Jag samtycker till att min dotter/son får medverka på film/foto i kandidatarbetets offentliga slutrapport.
- C. Jag samtycker till att min dotter/son får medverka i film som redovisar resultaten från kandidatarbetet.

Jag ger mitt samtycke till att min dotter/son filmas och fotas till framtida forskning enligt ovanstående: (Kryssa i nedan.)

	Ja	Nej
A		
B		
C		

.....
Ort och datum

.....
Barnets namn

.....
Barnets underskrift

.....
Underskrift målsman 1

.....
Namnförtydligande

.....
Underskrift målsman 2

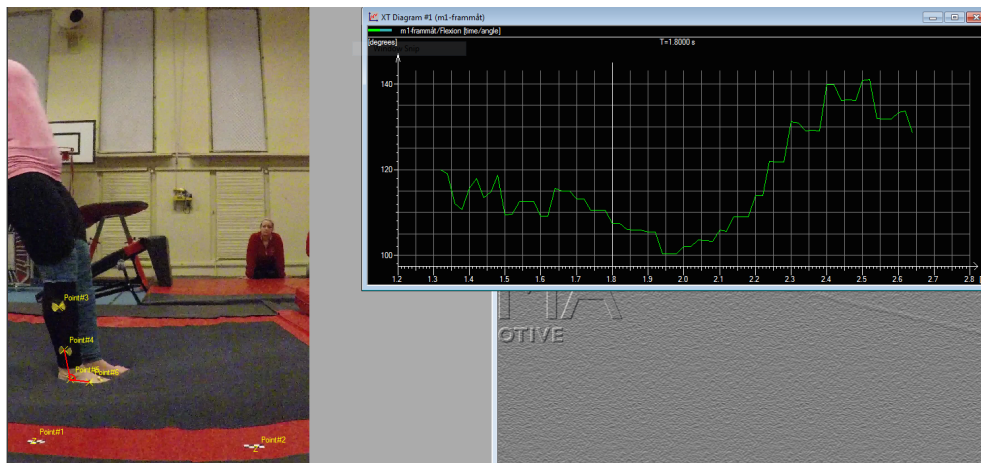
.....
Namnförtydligande

Meddelande om att **inte** publicera bilder

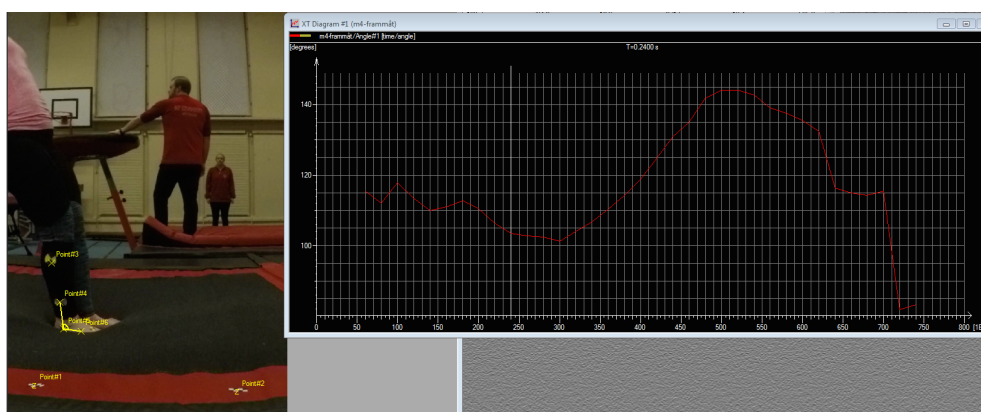
C

Resultat från TEMA

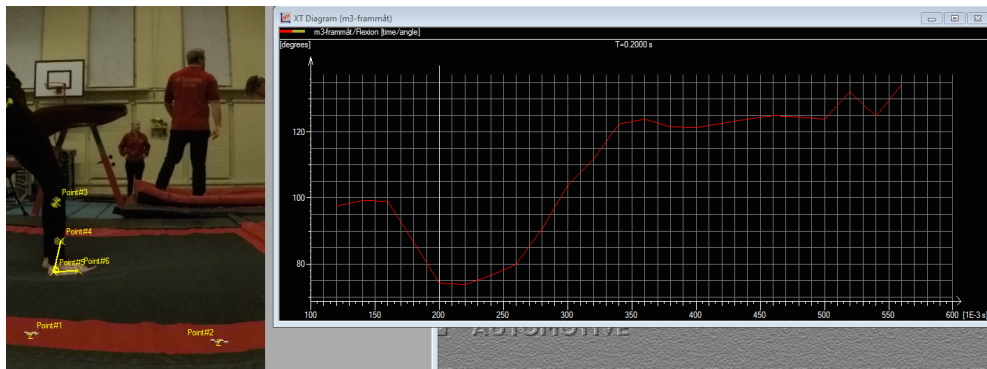
Resultaten från TEMA blev följande:



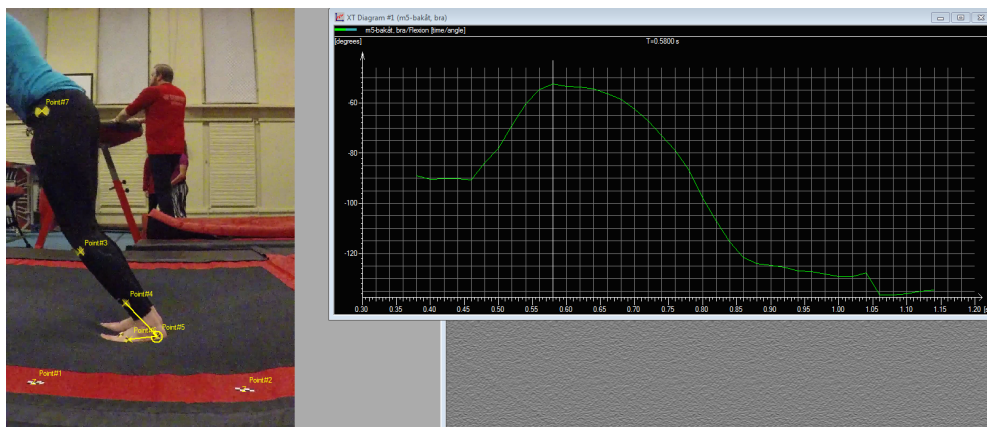
Figur C.1: Gymnast 1. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln



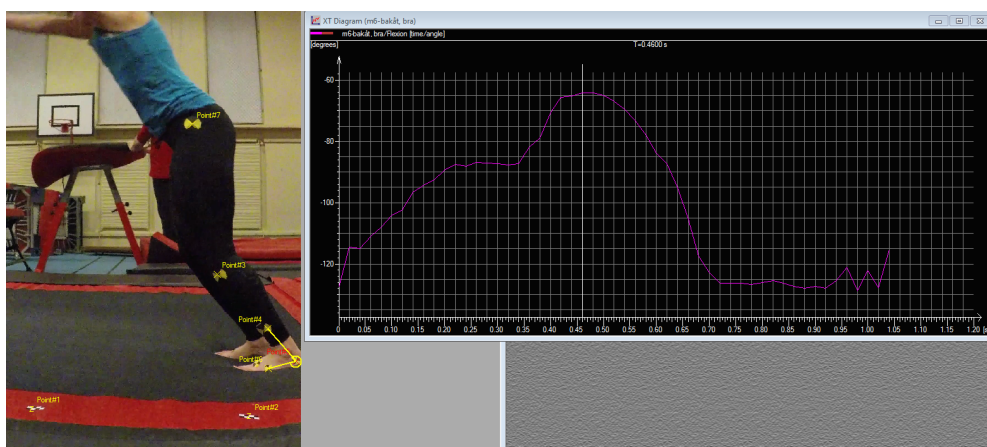
Figur C.2: Gymnast 1. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln



Figur C.3: Gymnast 2. Landning framlänges efter en handvolt. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln



Figur C.4: Gymnast 3. Landning baklänges efter en rondat. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln



Figur C.5: Gymnast 3. Landning baklänges efter en rondat. Tid i sekunder längs x-axeln och vinkel i grader längs y-axeln