

SÄÄRISUOJIEN SUOJAAVUUS JA KÄYTETTÄVYYS JALKAPALLOSSA

Kimmo Laaksonen

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2015

Ohjaaja: Taija Juutinen

TIIVISTELMÄ

Laaksonen Kimmo. 2015. Säärisuojien suojaavuuden ja käytettävyyden erot jalkapallossa. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto. Biomekaniikan pro gradu -tutkielma. 89 s.

Tutkimuksessa selvitettiin Zero Point Finland Oy:n valmistamien säärisuojaprototyyppien toimivuutta jalkapallossa. Säärisuojien toimivuus voidaan jakaa vammoilta suojaamiseen sekä käyttömukavuuteen. Tutkittavia prototyyppejä oli kolme, jotka erosivat toisistaan suojan sisäpehmusteen materiaalin osalta. Prototyyppien suojaavuutta tutkittiin iskutestien avulla, joissa tuloksia verrattiin jo markkinoilla oleviin Niken Mercurial Blade- sekä Mercurial Flylite -suojiin. Laboratoriotutkimusta varten rakennetun heilurin avulla iskutestit suoritettiin jokaiselle tutkittavalle säärisuojalle koehenkilöitä ja tekojalkaa käyttäen. Suojien eroavaisuuksia mitattiin painepohjallisten, voimalevyn sekä koehenkilöiden tuntemusten avulla. Prototyyppien käyttömukavuutta testattiin jalkapallopelien aikana, joissa käyttäjät vertailivat kyselylomakkeen avulla prototyyppejä omien aikaisempien suojien käyttökokemuksiin.

Iskutesteissä merkitsevästi paras suojaavuus yli 1500 N iskuissa todettiin Nike Mercurial Blade -suojaalla ($p < 0,01$). Kyseisen säärisuojan suojaavuus perustui kovan hiilikuidusta valmistetun ulkokuoren kykyyn levittää iskuvoima laajemmalle alueelle. Koehenkilöille suoritetuissa iskutesteissä Mercurial Blade -säärisuojan käyttö aiheutti kaikkia muita suojia merkittävästi pienemmän kivun tunteen ($p < 0,01$) 40° ja 60° pudotuskulmissa. Tutkimuksessa havaittiin, että säärisuojan kova ulkokuori on yleisesti merkittävin vaikuttaja iskun vaimennukseen. Zero Pointin prototyypeistä parhaiten suojasi Decell B -materiaalista valmistettu suoja, joka vaimensi alhaisia noin 1500 N iskuja paremmin kuin Mercurial Blade -malli ($p < 0,01$). Kovan ulkokuoren puuttumisen johdosta Decell B -prototyypin suojaavuus laski huomattavasti iskuvoiman kasvaessa.

Zero Pointin prototyypit saivat erinomaista palautetta jalkapallon pelaajilta käytettävyydesteissä. Pelaajat arvioivat uusien prototyyppien pysyvän pelin aikana paikallaan paremmin ($p < 0,01$) sekä olevan hengittävimpiä ($p < 0,01$), mukavampia ($p < 0,01$) ja keveämpiä ($p < 0,01$) kuin heidän omat käytössä olevat suojat. Pelaajat eivät kuitenkaan luottaneet, että prototyypit suojaisivat heidän omia suojia paremmin ($p = 0,8$). Tutkimuksen pohjalta voidaan sanoa, että testattujen prototyyppisuojien merkittävin ero kilpailijoihin on käyttömukavuudessa.

Avainsanat: jalkapallo, säärisuojat, käytettävyys, iskunvaimennus, suojaavuus.

ABSTRACT

Laaksonen Kimmo. 2015. Differences in shin guards protectiveness and usability. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä. Master's Thesis of Biomechanics. 89 pp.

The study examined how well shin guards, produced by Zero Point Finland Oy, function in football. Functionality of the shin guards can be divided into injury protection and comfort. This study tested three prototype versions which all had different interior padding material. Protectiveness of the prototypes was examined by impact tests and the results were compared to Nike's Mercurial Blade and Mercurial Flylite shin guards that were already on the market. Tests were carried out using a heavy pendulum which created an impact to the shin that was covered by the tested shin guards in random order. Impact forces, and pressure distribution as well as subjective evaluation were recorded. Comfort of the prototypes was assessed during football games, where the players compared the prototypes to their own typical shin guard by using a questionnaire.

Impact tests showed that the Nike Mercurial Blade had a significantly better protectiveness than any other shin guard in impacts greater than 1500 N ($p < 0,01$). Protectiveness of the shin guard is based on the hard outer shell that is made from carbon fibers which has ability to spread the impact force over a larger area. By using Mercurial Blade the subjects experienced on average half of the pain that they experienced using the other shin guards in 40° and 60° drop angles ($p < 0,01$). This study found that the hard outer shell is the most influential part of the attenuation of the impact. The shin guard made from Decell B-material had the best protectiveness of the prototypes produced by Zero Point. Decell B dampened shocks to the lower leg superbly. Especially lower impacts below 1500 N were dampened better with Decell B -prototype than Mercurial Blade model ($p < 0,01$). Due to the lack of a hard outer shell protectiveness of the Decell B -prototype dropped significantly when the impact force increases.

Zero Point prototypes received excellent feedback from the football player usability tests. The players evaluated that the new prototypes are better at remaining in place during the game ($p < 0,01$). Also the prototypes were more breathable ($p < 0,01$), more comfortable ($p < 0,01$) and lighter ($p < 0,01$) than their personal shin guards. However the players did not believe that the prototypes would have had better protection than the shin guards they already owned ($p = 0,8$). Based on this study the most significant difference compared with competitors is comfort of the shin guard prototype.

Keywords: football, shin guards, usability, shock absorption, protectiveness.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLTÖ	4
1 JOHDANTO	4
2 URHEILUVAMMAT JALKAPALLOSSA	5
2.1 Vammojen todennäköisyys	5
2.2 Vammojen sijainti	7
3 JALKAPALLOVAMMOJA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT.....	10
3.1 Ulkoiset tekijät	11
3.2 Sisäiset tekijät	14
3.2.1 Ikä.....	14
3.2.2 Sukupuoli	15
3.2.3 Taito	16
3.2.4 Anatomiset tekijät	17
4 SÄÄREN ANATOMIA JA TOIMINTA.....	19
4.1 Iho	19
4.2 Verenkierto.....	20
4.3 Luut	21
4.4 Hermot.....	22
4.5 Lihakset.....	22
5 SÄÄRIVAMMOJEN TYYPIT.....	25

5.1	Ihovauriot	25
5.2	Luuvauriot.....	26
5.3	Hermovauriot	28
5.4	Lihavauriot ja verenkiertovauriot	29
6	MARKKINOILLA OLEVAT SÄÄRISUOJAT.....	30
7	TESTATTAVAT SÄÄRISUOJAT	32
7.1	Nike Mercurial Blade.....	32
7.2	Nike Mercurial Flylite.....	33
7.3	Zero Pointin prototyypit.....	33
8	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA ONGELMAT	35
9	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	37
9.1	Koehenkilöt.....	37
9.2	Laboratoriotutkimuksen kulku ja laitteisto	37
9.2.1	Iskujen testauslaitteisto	37
9.2.2	Tekojalkamittaukset	39
9.2.3	Alustavat koehenkilömittaukset	40
9.2.4	Koehenkilömittaukset	40
9.3	Käytettävyydestauksen kulku.....	41
9.4	Analysointilaitteistot ja -ohjelmistot.....	41
9.5	Analysointi	41
9.5.1	Tekojalalla suoritettavat mittaukset	42
9.5.2	Alustavat koehenkilömittaukset	43
9.5.3	Koehenkilömittaukset	44
9.5.4	Käytettävyydestaukset.....	44

10	TULOKSET	46
10.1	Iskumittaukset tekojalalla.....	46
10.1.1	Suojaavuus alhaisissa iskuvoimissa	46
10.1.2	Suojaavuus ääriolosuhteissa.....	49
10.2	Iskumittaukset koehenkilöillä	50
10.3	Zero Point -suojiin käyttäjäkokemukset.....	52
11	POHDINTA	54
11.1	Tulokset.....	54
11.2	Haasteet	57
12	LÄHTEET.....	60
13	LIITTEET	71

1 JOHDANTO

Jalkapallo on yksi maailman seuratuimpia sekä pelatuimpia urheilulajeja. Kiinnostus jalkapalloa kohtaan on suurta riippumatta sukupuolesta, ikäluokasta tai taitotasosta. Lajin aloittaminen on helppoa, koska se ei vaadi aikaisempaa osaamista eikä suuria välineinvestointeja. Tästä syystä jalkapallon pelaaminen on pystynyt leviämään kaikkiin maailman valtioihin. Jalkapallo kehittää pelaajan teknistä, taktista, psyykkistä ja fyysistä osaamista. Taitojen kehittyessä peli muuttuu nopeatempoisemmaksi ja haastavammaksi. 90 minuutin pelin aikana ammattipelaajat juoksevat noin kymmenen kilometriä, jonka aikana keskimääräinen intensiteetti on lähellä anaerobista kynnyksiä. Tämän aikana pelaajilta vaaditaan useita erilaisia räjähtäviä suorituksia, kuten hyppyjä, potkuja, taklauksia, käännöksiä ja kiihdytyksiä. Jokainen kyseisistä suorituksista sisältää riskin urheiluvammalle. (Stolen ym. 2005.)

Tämän tutkimuksen kirjallisuuskatsauksessa käydään tarkemmin läpi jalkapallossa riskejä aiheuttavia tekijöitä, niiden todennäköisyyttä ja vammojen sijaintia. Tämän jälkeen kirjallisuuskatsauksessa keskitytään säären alueelle, jossa käydään läpi alueen anatomia, ja siihen kohdistuvat vammat sekä vammojen ehkäisy.

Tutkimuksessa selvitettiin kuinka hyvin Zero Point Finland Oy:n valmistamat säärisuojan prototyypit suojaavat sääreen kohdistuvilta vammoilta verrattuna muihin markkinoilla oleviin suojiin. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin parantavatko prototyypissä käytettävät uudet materiaalit suojan käytettävyyttä jalkapallopelin aikana.

2 URHEILUVAMMAT JALKAPALLOSSA

2.1 Vammojen todennäköisyys

Urheilulajin tapaturmatilastoihin vaikuttaa lajin suosio sekä lajin ominaisuudesta johtuvat tekijät (Emery & Tyreman 2009). Perinteisiä urheilulajeja harrastetaan yleisesti enemmän, joten niissä sattuvien tapaturmien osuus on tapaturmatilastoissa suuri (Aarresola 2014; Emery & Tyreman 2009). Vuonna 2009 Suomessa tapahtui lähes 350 000 liikuntatapaturmaa 15 vuotta täyttäneessä väestössä, joista noin 45 000 tapahtui jalkapallossa. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen raportin mukaan jalkapallossa tapahtui eniten tapaturmia muihin lajeihin verrattuna. Vammojen määrän vertailussa 1000 tuntimäärää kohden osoitettiin kuitenkin, että jalkapallossa on toiseksi suurin liikuntavammariski. Suurin liikuntavammariski on salibandyssä. (Haikonen & Lounamaa 2010.)

Kansainvälisissä tutkimuksissa jalkapallossa tapahtuvien tapaturmien määrä on pienempi useisiin urheilulajeihin verrattuna. Lajit, kuten amerikkalainen jalkapallo sisältävät huomattavasti jalkapalloa enemmän tapaturmia, mutta vammat sijaitsevat eri alueella kehoa. Esimerkiksi amerikkalaisessa jalkapallossa vammojen kohdistuminen säären alueelle on erittäin epätodennäköistä, kun taas jalkapallossa alaraajat ovat todennäköisin alue urheiluvammoille. (Shankar ym. 2007; Hootman ym. 2007 & Karpakka 1993.) Jalkapallo ei ole myöskään kaikista riskialtein laji alaraajan vammoille. Samoille alueille kuin jalkapallossa kohdistuvia vammoja on havaittu enemmän koripallossa, lentopallossa ja käsipallossa. (Dane ym. 2004; Marwan ym. 2012.)

Vaikka useissa lajeissa tapahtuu jalkapalloa enemmän tapaturmia, sisältää jalkapallo silti merkittävän määrän riskejä urheiluvammoille. Danen ym. (2004) ja Marwanin ym. (2012) tutkimuksissa nähdään, että lähes 70 % jalkapallon pelaajista saa vammoja yhden pelivuoden aikana. Tutkimuksessa merkittävää eroavaisuutta sukupuolten tai ammattitason välillä ei löydetty, mutta vastaavissa tutkimuksissa on havaittu, että ammattilaispelaajissa miehillä

tapaturmien määrä on huomattavasti naisia suurempi. (Morgan & Oberlander 2001; Dane ym. 2004; Marwan ym. 2012; Giza ym. 2005 & Faude ym. 2005.) Miehillä tapaturmia arvioidaan 6.2/1000h, kun taas naisilla tapaturmien määrä oli 1,9–2.8/1000h. (Morgan & Oberlander 2001; Giza ym. 2005 & Faude ym. 2005.) Miesten vammat jalkapallossa ovat usein naisten vammoja vakavampia. Esimerkiksi miehillä suurempi osuus tapaturmista johtaa murtumaan. (Leininger ym. 2007.)



KUVA 1. Fyysisestä kontaktista aiheutuva tibian ja fibulan murtuminen (Chang 2007).

Jalkapallossa tapahtuneet vammat ovat yleensä vakavampia kuin aikaisemmin mainituissa vastaavissa vammoissa aiheuttavissa lajeissa, kuten koripallossa, lentopallossa ja käsipallossa. Tämä johtuu jalkapallossa aiheutuvista voimakkaista fyysisistä kontakteista muiden pelaajien kanssa (Kuva 1). (Marwan ym. 2012.) Esimerkiksi 2004 Olympialaisissa tapahtui keskimäärin 2,4 tapaturmaa jokaisen jalkapallopelin aikana, joista 83 % johtui kontaktista toiseen pelaajaan. Yli puolet kontakteissa sattuneista tapaturmista johtui epärehellisestä pelistä. Kyseisen Olympialaisen aikana jalkapallossa tapahtui myös huomattavasti enemmän tapaturmia kuin käsipallossa tai koripallossa. Syy jalkapallon vammojen korkeaan määrään muihin lajeihin verrattuna johtui pienten ruhjeiden määrästä. (Junge ym. 2006.) On oletettavissa,

että vuoden pituisissa tutkimuksissa pienten ruhjeiden määrää ei huomioida yhtä tarkasti kuin lyhyessä ammatinpelaajiin kohdistuneessa tutkimuksessa. Tämän perusteella voidaan olettaa, että jalkapallo on yksi yleisimpiä urheilulajeja missä pienet ruhjeet ovat erittäin todennäköisiä. Myös jatkuvat kontaktit toisien pelaajien kanssa tekevät jalkapallosta riskialttiimman myös vakaville vammoille muihin lajeihin verrattuna.

2.2 Vammojen sijainti

Jalkapallossa 70–90 % kaikista vammoista kohdistuu alaraajoihin. (Junge ym. 2006; Morgan & Oberlander 2001; Agel ym. 2007; Kakavelakis ym. 2003; Ekstrand 2008; Brito ym. 2012 & Faude ym. 2005). Yleisimmät vammojen kohteet ovat polvi, nilkka ja reisi. (Dane ym. 2004; Fernandez ym. 2007; Morgan & Oberlander 2001; Agel ym. 2007; Kakavelakis ym. 2003; Ekstrand 2008; Brito ym. 2012; Giza ym. 2005 & Faude ym. 2005).

Raportoiduista vammoista tutkimuksissa, polven vammojen osuus kaikista vammoista vaihtelee suuresti 11–50 % välillä. Nilkan vammojen osuudet ovat 13–29 % välillä. Polven vammat ovat selkeästi suurin riski jalkapallossa. (Morgan & Oberlander 2001; Agel ym. 2007; Herrero ym. 2013; Kakavelakis ym. 2003; Ekstrand 2008 & Giza ym. 2005.) Useimmin miesten ja naisten välillä nilkan ja polven tapaturmien osuus kaikista tapaturmista on lähes sama. (Morgan & Oberlander 2001; Giza ym. 2005 & Faude ym. 2005.) Poikkeuksellisesti Gizan ym. (2005) tutkimuksessa naisten polven vammat kattoivat 50 % kaikista vammoista. Vastaavanlaisessa tutkimuksessa kuitenkin naisten polven vammojen osuus kaikista vammoista oli 19 % (Faude ym. 2005).

Myös reiden vammojen määrät vaihtelevat hyvin paljon tutkimusten välillä. Reisivammat tapahtuvat yleisesti takareiden lihaksille, mitkä vaurioituvat äkillisessä juoksuun lähdössä. Sukupuoli ei ole tutkimusten perusteella vaikuttava tekijä reisilihasten vammojen määrään. (Ekstrand 2008; Brito ym.2012; Giza ym. 2005; Faude ym. 2005.) Alle 16-vuotiailla jalkapalloilijoilla reisilihasten vammat olivat huomattavasti vähäisempiä. Myös lapsilla yleisimmät urheiluvammojen kohteet olivat polvet ja nilkat. (Kakavelakis ym. 2003.)

Sääreen kohdistuvat vammat jäävät usein jalkapallotutkimuksissa suurempien riskialueiden varjoon. Suurin osa vammoista säären alueella on ruhjevammoja, jotka yleensä syntyvät vastustajan jalan aiheuttamasta iskusta. (Francisco ym. 1998.) Tästä syystä säärisuojien pakollinen käyttö pelien aikana on pienentänyt säärivammojen määrää huomattavasti. (Francisco ym. 1998; Tucker 1997.) Säärisuojat eivät kuitenkaan suojaa kaikilta säären vammoilta. Cattermolen ym. (1996) tutkimuksessa havaittiin, että pelaajat olivat käyttäneet säärisuojaa 84 % murtumatapauksista. Suurin syy säären murtumiselle oli liukutaklauksen epäonnistuminen, jossa nilkka ja sääri joutuvat niin suureen vääntömomenttiin, että tibia tai fibula murtuu (Kuva 2). Säären vammojen estämiseksi säärisuojan tulisi pystyä suojaamaan voimakkailta iskuilta sekä tukemaan säärtä suurilta vääntömomenteilta.



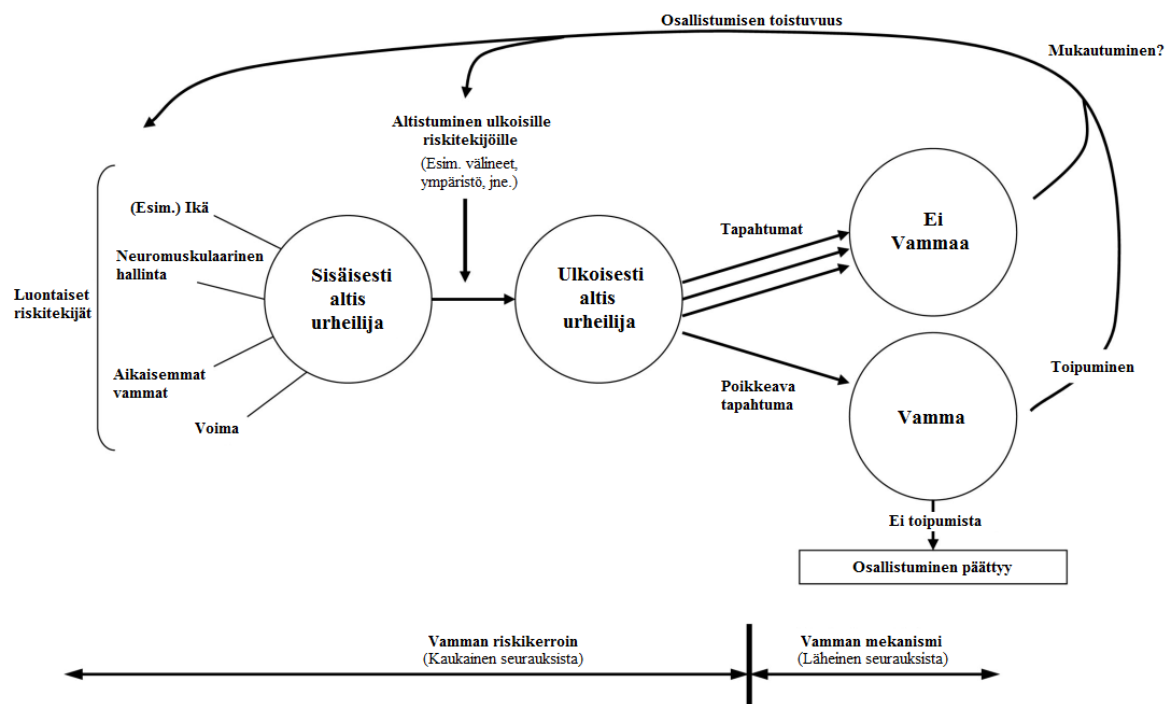
KUVA 2. Liukutaklauksessa aiheutuva nilkan alueen vamma (Gosporti 2013; Soccer-universe 2012).

Agelin ym. (2007) 15-vuoden kestävässä tutkimuksessa havaittiin, että säären vammat muodostivat 7,6 % kaikista jalkapallossa tapahtuvista vammoista, joista 1 % oli murtumia, 5,5 % ruhjeita ja 1,1 % säärtä ympäröivien lihasten vammoja. Myös muissa tutkimuksissa ammattipelaajilla molempien sukupuolien vammoista noin 5–8,3 % kohdistui säären alueelle. (Brito ym. 2012; Giza ym. 2005 & Faude ym. 2005.) Myös lasten jalkapallossa sääri- vammojen osuus kaikista vammoista oli vain 6 % (Kakavelakis ym. 2003). Amatööripelaajilla sääreen kohdistuvien vammojen määrä oli hieman suurempi, noin 10 % kaikista vammoista (Herrero ym. 2013).

Polven ja nilkan alueen suoja ei ole yleisesti käytössä jalkapallossa, koska ne rajoittaisivat alaraajan nivelten liikkeitä. Säären alueen vauriot ovat osoittautuneet kohtalaisen pieniksi muihin tapaturmiin verrattuna. Koska säärisuojat ovat pakolliset pelien aikana, on vaikea arvioida tutkimusten perusteella johtuvatko vähäiset tapaturmat hyvästä suojauksesta vai onko säären alue luonnostaan vähemmän altis vammoille. Tutkimuksista löytyi kuitenkin viittauksia, että sääreen kohdistuvat vammat koostuvat pienistä ruhjeista, jotka jätetään usein huomioimatta. (Francisco ym. 1998; Tucker 1997.)

3 JALKAPALLOVAMMOJA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT

Jalkapallossa ja muissa urheilulajeissa tapahtuvat vammat ovat mahdollista purkaa erillisiksi tekijöiksi, joiden avulla vamman syytä voidaan tarkastella. Meeuwissen ym. (2007) suunnittelemassa dynaamisessa mallissa urheiluvammojen etiologiasta eli syyoppista voidaan havaita tekijät, jotka johtavat jalkapallossa urheiluvammoihin (Kuva 3).



KUVA 3. Graafinen malli urheiluvammoihin vaikuttavista tekijöistä (Meeuwisse ym. 2007).

Graafisessa mallissa sisäisesti altis urheilija kuvaa urheilijan kehon sisäisiä tekijöitä, jotka nostavat riskiä urheiluvammoille. Esimerkiksi jalkapallossa törmäystilanteissa saatavien vammojen todennäköisyys kasvaa mitä vanhempi pelaaja on ja mitä enemmän aikaisempia vammoja pelaaja on kokenut. Ulkoisesti altis urheilija kuvaa pelaajan urheilukäyttäytymistä. Tämä kattaa laajasti pelaajan tiedostetut valinnat kuten vapaavalintaisten suojien käytön tai pelissä käytettävän aggressiivisuuden. (Meeuwisse ym. 2007.) Jalkapallo ja muut urheilulajit sisältävät myös paljon ulkoisia tekijöitä, joihin pelaaja ei voi vaikuttaa, kuten lajin sää-

nöt ja keliolosuhteet. Tämä on hyvin nähtävillä jalkapallossa, jossa liikutaklaukset ovat sallittuja, vaikka ne aiheuttavat merkittävän osan vakavista vammoista. (Giza ym. 2005.) Meeuwissen ym. (2007) mallia käyttäen jokainen liikutaklaus voidaan jakaa tapahtumiksi. Suurin osa tapahtumista ei aiheuta pelaajille vammoja, mutta tietyn väliajoin aiheutuu poikkeava tapahtuma, jossa pelaajalle aiheutuu urheiluvamma. Vamman vakavuuden perusteella pelaaja arvioi onko hän kykenevä jatkamaan peliä. Seuraavaksi kirjallisuuskatsauksessa käsitellään tarkemmin sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä, jotka nostavat riskiä urheiluvammoille jalkapallossa.

3.1 Ulkoiset tekijät

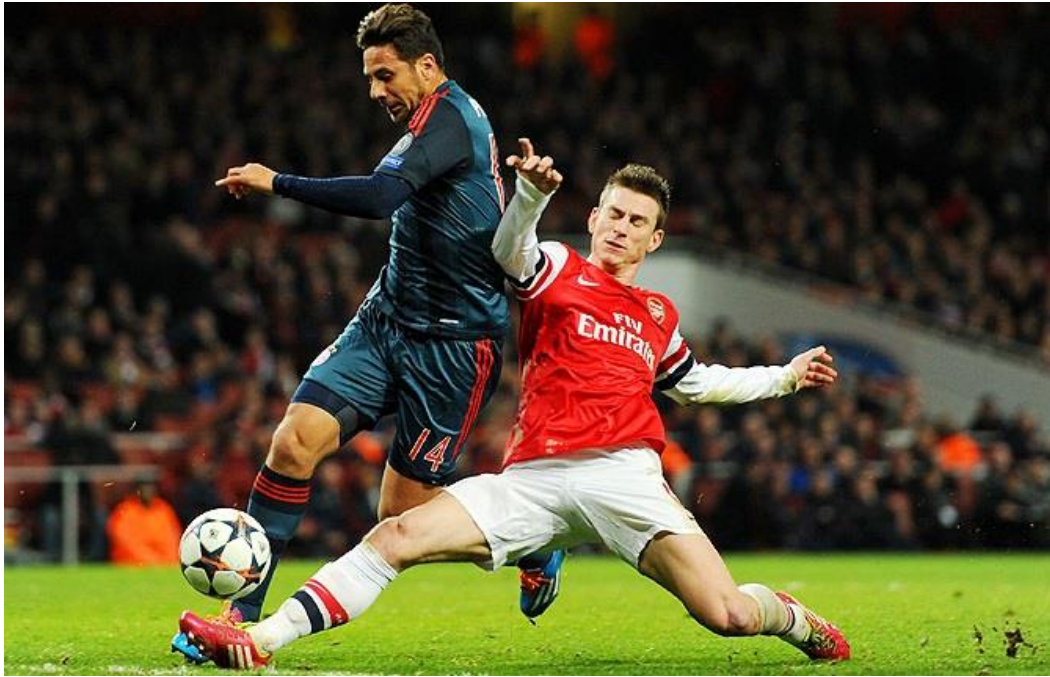
Jalkapallossa tapahtuvat ulkoiset tekijät vaikuttavat vammojen määrään ja sijaintiin. Urheilukäyttäytyminen näkyy esimerkiksi harjoituksissa ja peleissä tapahtuvissa urheiluvammojen eroissa. Jalkapalloharjoituksissa on todettu huomattavasti pienempi riski urheiluvammoille kuin varsinaisten pelien aikana. (Agel ym. 2007; Kakavelakis ym. 2003 & Faude ym. 2005.) Agelin ym. (2007) tutkimuksessa urheiluvammoja tapahtui pelien aikana jopa neljä kertaa enemmän kuin harjoituksissa. Sijoittautuminen joukkueessa vaikuttaa myös tapaturmien määrään. Keskikentän pelaajat kokevat kaikista eniten urheiluvammoja, noin 34–38 % kaikista vammoista. Maalivahdeille vammoja tapahtuu vähiten, noin 15–21 % kaikista vammoista. (Morgan & Oberlander 2001; Giza ym. 2005.) Suurin osa kyseisistä vammoista aiheutui fyysisestä kontaktista toiseen pelaajaan (Kakavelakis ym. 2003; Morgan & Oberlander 2001 & Giza ym. 2005.) Fyysisessä kontaktissa aiheutuneet vammat on todettu kattavan noin 81 % kaikista jalkapallon vammoista. Muita riskialueita ovat esimerkiksi kontaktit maahan ja palloon. (Agel ym. 2007.) Lapsilla on havaittu enemmän riskialueita kuin aikuisilla. Tämän seurauksena muiden riskialueiden osuus kaikista vammoista on fyysistä kontaktia suurempi. Tästä huolimatta noin 40 % tapaturmista tapahtui kontaktista toiseen pelaajaan. (Kakavelakis ym. 2003.)

Koska kontaktia toisiin pelaajiin ja peliin liittyviä urheiluvälineitä ei voida poistaa, on urheilusta pyritty tekemään turvallisempaa yhteisien sääntöjen ja standardien avulla. Kilpaurhei-

lussa pelaajien suojautumiseen on suunniteltu standardivarusteita, joita kaikkien pelaajien on sitouduttava. (Reid 1992, 3.) Esimerkiksi jalkapallossa säärisuojat ovat pakollisia (Fifa 2014). Voittoa tavoitellessa pelisääntöjä kuitenkin monesti rikotaan, joka johtaa vaarallisiin tilanteisiin (Reid 1992, 5). Tämä esiintyy hyvin Chomiakin ym. (2000) sekä Gizan ym. (2003) tutkimuksissa, jossa havaittiin, että yli 60 % tutkimuksen aikana tapahtuneista tapaturmista johtuivat epärehellisen pelin takia. Epärehelliseksi peliksi määriteltiin tilanteet, joiden seurauksena oli vapaapotku, keltainen tai punainen kortti. Silti jopa 37 % vammoista tapahtui taklauksista, jotka tuomarit ilmoittivat sääntöjen mukaisiksi. Rehellisten ja epärehellisten taklausten välillä ei ollut eroa vammojen vakavuuden suhteen. (Giza ym. 2003.)

Agelin ym. (2007) tutkimuksessa noin 16 % kaikista jalkapallossa aiheutuneista vammoista johtui liukutaklauksesta. Liukutaklaus on tekniikka, jolla pelaaja pyrkii poistamaan pallon vastustajan hallusta liu'uttamalla jalkansa vastustajan eteen (Kuva 4). Liukutaklaus johtaa usein vastustajan kaatumiseen. (Lucbacher 2005, 14.) Liukutaklauksessa tapahtuvassa kontaktissa pelaajien jalat voivat osua toisiinsa suurella voimalla. Vakavien vammojen todennäköisyys on kolme kertaa suurempi jalalle, joka on asettunut maahan, kuin jalalle joka on ilmassa. (Giza ym. 2003.) Bodenin ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin, että suurin osa vammoja aiheuttavista liukutaklauksista tehtiin takaa päin. Suurin osa liukutaklauksen seurauksena aiheutuneista murtumista kohdistui taklattuun pelaajaan. Suurista riskeistä ja useista tapaturmista huolimatta liukutaklausta ei ole kielletty jalkapallossa (Fifa 2014; Agel ym. 2007).

Briton ym. (2012) tutkimuksessa 63 % nilkan vammoista johtui törmäyksestä tai taklauksesta toiseen pelaajaan. Korkeampi määrä taklauksia ja aggressiivisuutta nähtiin vanhemmilla pelaajilla. Tämä johti tutkimuksessa suurempaan määrään nilkan vammoja. Nykyisillä suojauksilla ei ole mahdollista estää suurista voimista aiheutuvia nilkan venähdyksiä. Jäykät nilkkatuet estäisivät nilkan toistuvia pienempiä venähdyksiä, mutta pelaajat yleisesti eivät suostu käyttämään suojia nilkassa, koska ne kiristävät kenkää ja vaikuttavat suoritukseen. (Agel ym. 2007.)



KUVA 4. Liukutaklaus aiheuttaa usein vastustajan kaatumisen. (Rediff Sports 2014).

Polven vaurioista yleisin alue vammoille kohdistuu eturistisiteeseen (Brito ym. 2012; Herre-ro ym. 2013 & Faude ym. 2005). Eturistisiteen päätoiminto on vakauttaa polven toiminta, jolloin sääri ei pysty ojentumaan tai kiertymään epänormaaleihin asentoihin (Kallio 2010). Toisin kuin muissa jalkapallossa tapahtuvista vammoissa, suuressa osassa tapauksista eturistisiteen repeäminen ei johdu kontaktista toiseen pelaajaan. Vamma aiheutuu usein äkillisestä suunnan muutoksesta pelin aikana, jolloin suuret voimat kohdistuvat polven alueelle. Eturistiside ei kykene vastaanottamaan niin suurta voimaa, jonka seurauksena se repeää. (Faude ym. 2005.) Silti suuri osa eturistisiteen repeytymistä johtuu myös kontaktista toiseen pelaajaan. Näissä tilanteissa taklaukset ovat merkittävin tekijä eturistisiteen vammoille. Brophyn ym. (2014) tutkimuksessa havaittiin, että 73 % kaikista eturistisidevammoista tapahtuu puolustavalle pelaajalle tilanteissa, joissa vastustajalla on pallo.

Säärivammoja aiheuttavat ulkoiset tekijät ovat joko toisen pelaajan tai pelissä käytettävän urheiluvälineen aiheuttamia. Myös pelikentällä oleva liikkumaton tarpeisto, kuten maalit ja aidat voivat aiheuttaa onnettomuuksia. (Lachmann 1988, 4.) Bodenin ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin, että 42 % kaikista säären (tibian tai fibulan) murtumista aiheutui liukutaklauksen yhteydessä. 26 % murtumista johtui törmäyksestä maalivahdin kanssa ja 23 % törmäyksestä toiseen pelaajan jalkaan tilanteessa, jossa molemmat yrittävät potkaista palloon samanaikaisesti. 10 % murtumista tapahtui tilanteessa, jossa toinen pelaaja on potkaisut pelikentällä seisovaa pelaajaa sääreen. 84–90 % säären vammoista pelaajilla on ollut säärisuojat käytössä. (Agel ym. 2007; Boden ym. 1999.) Pelaajien mukaan suoja oli tapaturman aikana oikealla paikalla (Boden ym. 1999). Suojat, joita pelien aikana käytetään, on läpäistävä National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment eli NOCSAE standardit (Agel ym. 2007). Tutkimustulokset antavat käsityksen, että säärisuojissa on vielä paljon paranneltavaa sekä NOCSAE standardin rajaa tulisi nostaa.

3.2 Sisäiset tekijät

3.2.1 Ikä

Vanheneminen on todettu vaikuttavan fyysiseen suoriutumiskykyyn, tapaturmien määrään sekä vammojen parantumisaikaan. Fyysisen kunnon huippu on 19–25-vuotiaana. Lihasvoima on suurimmillaan 20-vuoden iässä. Ikääntymisen myötä lihasten voimantuotto heikentyy. (Häkkinen ym. 1996; Lachmann 1988, 39.) Lexell ym. (1988) havaitsivat tutkimuksessa, että 20–80-ikävuosien välillä lihasten pinta-ala pienenee noin 40 %. Ikävuosien 25–50 välillä lihasten koko pienenee kuitenkin vain 10 %, joka tarkoittaa, että lihasten pinta-ala alkaa pienentyä huomattavasti vasta 50-ikävuoden jälkeen. Kuitenkin lihasten repeytymisen riski alkaa kasvaa jo ennen 50-ikävuotta. Tämä nostaa tapaturmariskiä jalkapallon kaltaisissa lajeissa, jotka vaativat räjähtävää voimantuottoa. (Lachmann 1988, 39.) Ikääntyminen lisää myös luiden osteoporoosia eli luumassan katoa. Naisilla estrogeenitaso alkaa laskea vaihdevuosien jälkeen, joka heikentää muun muassa luiden kestävyyttä sekä lihaksiston ja hermoston toimintaa. (Sipilä ym. 2014; Maharam ym. 1999.) Miehillä testosteronituotanto

vähenee 50-ikävuodesta alkaen. Muutos on kuitenkin vähäistä ja luiden osteoporoosia ei ala yleensä näkymään ennen 80-ikävuotta. (Maharam ym. 1999; Haug ym. 1999, 506.)

Jalkapallossa ikääntyneillä ihmisillä, lihasten, polven ruston ja jänteiden vammojen määrät ovat huomattavasti nuorempia pelaajia korkeammat. Murtumat ja ruhjeet olivat kuitenkin yleisempiä 14–18-vuotiailla. Kyseisten vammojen vähenemiseen voi vaikuttaa vanhempien pelaajien suurempi taidon määrä. Ruhjeiden ja murtumien määrässä ei enää löydetty merkittävää eroa 18–29- ja 30–55-vuotiaiden jalkapallon pelaajien välillä. Lihasvauriot ja polven ruston vauriot olivat silti yleisimpiä 30–55-vuotiailla. Lihasvauriot kohdistuvat pääosin pohkeeseen ja takareiden lihaksiin. Ikääntymisen ei ole todettu tutkimusten pohjalta luovan merkittävää riskiä säären alueelle. (Chomiak ym. 2000; Maharam ym. 1999.)

3.2.2 Sukupuoli

Jalkapallossa sukupuolella on havaittu olevan vaikutuksia vammojen määrään ja sijaintiin. Useat tutkimukset osoittavat, että miehillä tapahtuu huomattavasti naisia enemmän vammoja harjoitusten sekä pelien aikana. (Hägglund ym. 2009; Ekstrand ym. 2011 & Fernandez ym. 2007.) Hägglundin ym. (2009) tutkimuksessa jopa 65 % kaikista jalkapallossa tapahtuneista vammoista kohdistui miehiin. Miehillä lievien vammojen määrä on huomattavasti suurempi, mutta vakavia vammoja molemmilla sukupuolilla on lähes yhtä paljon. Tulokset sukupuolien välisissä vammojen määrissä eivät kuitenkaan ole yksimielisiä. Useissa tutkimuksissa ei ole havaittu eroavaisuuksia miesten ja naisten jalkapallovammojen määrällä. (Dane ym. 2004; Junge ym. 2006.) Sallisin ym. (2001) tutkimuksessa naisten vammojen määrä on jopa miehiä suurempi.

Miehillä suurempi osa vammoista johtuu kontaktista toiseen pelaajaan. Ero kontaktien määrässä sukupuolien välillä on suurin pelien aikana. (Junge ym. 2006; Hägglund ym. 2009.) Tämä voi johtua siitä, että miesten pelin luonne on erilaista ja kontakteja tapahtuu enemmän kuin naisilla (Hägglund ym. 2009). Miehillä myös useampi vamma aiheutuu epärehellisen pelin seurauksena (Hägglund ym. 2009; Junge ym. 2006).

Jalkapallossa merkittävin ero sukupuolten välillä on naisten selvästi suurempi riski polven vammoille. Yleisin polvivamma on eturistisiteen repeäminen. (Ekstrand ym. 2011; Sallis ym. 2001; Ekstrand ym. 2011; Brophy ym. 2014; Herrero ym. 2013 & Loës ym. 2000.) Naisilla eturistisiteen repeytymiä voi ilmetä lähes puolet enemmän kuin miehillä ja ne voivat kattaa jopa yli 1/3 kaikista naispelaajien sairaslomista (Loës ym. 2000; Hägglund ym. 2009). Myös muut nivelside- ja rustovauriot ovat yleisempiä naisilla (Hägglund ym. 2009). Naisilla on myös todettu enemmän rasisperäisiä lihasvammoja erityisesti takareiden lihaksissa (Hägglund ym. 2009; Ekstrand ym. 2011). Miehet taas saavat naisia enemmän ruhjeita sekä jännevammoja. Myös lonkan ja nivusten vammat ovat yleisempiä miehillä. (Hägglund ym. 2009.)

Myös säären vammat vaihtelevat suuresti tutkimusten välillä. Hägglundin ym. (2009) tutkimuksessa säären alueen ruhjeet olivat yli seitsemän kertaa yleisempiä miehillä. Ruhjeet olivat myös huomattavasti naisten vammoja vakavampia, koska niiden johdosta jouduttiin olemaan pidempään sairaslomalla. Sallis ym. (2001) tutkimuksessa naiset kuitenkin kokivat puolet enemmän säären vammoja kuin miehet. Molemmat tutkimukset olivat saaneet samankaltaisia tuloksia muiden tutkimusten kanssa muista riskialueista, kuten naisten suuresta polvivamman riskistä. Tämän perusteella voidaan todeta, että molemmilla sukupuolilla on omia riskialueita. Lisäksi tiettyihin osa-alueisiin, kuten säären vaurioihin vaikuttaa luultavasti enemmän muut sisäiset tekijät, kuten taidon määrä sekä sattuma.

3.2.3 Taito

Jalkapallossa fyysiset ja psyykkiset vaatimukset nousevat kilpailutason kasvaessa. Jos pelaaja ei kykene mukautumaan muutokseen, voi tämä johtaa vammojen määrän kasvuun. (Junge ym. 2000.) Taidon määrällä on todettu olevan suuri merkitys vammojen määrään. Taitotaso on todettu vaikuttavan enemmän vammoihin kuin pelaajan sukupuoli. (Giza ym. 2005.) Useat tutkimukset ovat todenneet, että ammattitason pelaajat kokevat vähemmän vammoja kuin alempien tasojen pelaajat (Poulsen ym. 1991; Brito ym. 2012 & Chomiak ym. 2000). Esimerkiksi Poulsen ym. (1991) havaitsivat tutkimuksessa, että ammattitason ja

alemman tason joukkueet kokivat lähes yhtä monta loukkaantumista, mutta alemman tason pelaajilla oli lähes puolet vähemmän pelattuja tunteja. Alemman tason pelaajat suorittavat yleensä vähemmän harjoituksia, joka johtaa heikompaan taitotasoon. (Brito ym. 2012.) Tämän lisäksi peleissä alemman tason pelaajille on arvioitu noin neljä kertaa suurempi todennäköisyys urheiluvammalle kuin harjoituksissa (Poulsen ym. 1991). Näiden vaikuttavien tekijöiden johdosta on mahdollista arvioida, että alemman taitotason pelaajilla on keskimääräisesti kaksinkertainen riski saada urheiluvammoja (Chomiak ym. 2000). Chomiakin ym. (2000) tutkimuksen mukaan vakavat urheiluvammat olisivat yleisempiä alemman taitotason pelaajilla, mutta Poulsenin ym. (1991) tutkimuksessa vammojen vakavuudella ei löydetty eroa taitotasojen väliltä.

Taidon puute voi nostaa riskiä erityisesti tietyissä pelitilanteissa, kuten liikutaklauksen aikana. Täydellisesti suoritettuna liikutaklaus voi olla pelin jännittävimpiä hetkiä. Epäonnistuessa se voi kuitenkin aiheuttaa suurella voimalla tapahtuvan törmäyksen pelaajien välillä, jonka seuraukset voivat olla vakavat. (Agel ym. 2007.)

Heidt ym. (2000) havaitsivat tutkimuksessa, että 33,7 % jalkapallon pelaajista, jotka eivät osallistuneet kauden aloitusharjoituksiin, loukkaantuivat pelikauden aikana. Vain 14 % alkumarjoituksiin osallistujista loukkaantui pelikauden aikana. Tästä syystä on siis hyvin tärkeää, että myös alemman tason jalkapallojoukkueissa ylläpidetään harjoituksia tarpeeksi usein. Lisäksi tutkimusten perusteella suojiin käyttö olisi erittäin tärkeää joukkueilla, joilla on alempi taitotaso. (Giza ym. 2005; Poulsen ym. 1991; Brito ym. 2012 & Chomiak ym. 2000.)

3.2.4 Anatomiset tekijät

Jokainen pelaaja on yksilö, jonka aikaisemmat tiedostetut ja tiedostamattomat valinnat ovat mukana vaikuttamassa urheiluvammoihin. Reiden lihasperäiset vammat ovat suurin vamma-tyyppi tilanteissa, joissa vamma ei synny kontaktista toiseen pelaajaan. (Ekstrand 2008.) Hamstring -lihasuryhmä muodostuu reiden takaosan biceps femoris, semitendinosus sekä

semimembranosus -lihaksista. Jalkapallossa nämä lihakset ovat suurimmassa riskissä lihasvaurioille. Syy hamstring- ja muiden lihasten vammoille on lihasten heikko joustavuus. Lihasten luonnollinen joustavuuden määrä vaihtelee ihmisten välillä, joten mitä heikompi lihasjoustavuus pelaajalla on, sitä enemmän tulisi hänen venyttellä lihaksia ennen peliä tai harjoituksia. (Witvrouw ym. 2003.)

Jalkapallossa liiallinen paino ei ole osoittautunut ongelmaksi pelaajien keskuudessa. (Junge ym. 2000.) Jalkapallon aloittaminen on kuitenkin haasteellisempaa ylipainoisilla. Jo lapsena ylipaino aiheuttaa normaalipainoisiin verrattuna huomattavasti enemmän luurankolihasiston vaivoja (Krul ym. 2009.) Akuuttien vammojen riski nousee kuitenkin vasta, kun kyseessä on vakava lihavuus. Vakavaksi lihavuudeksi luokiteltiin yli 35 painoindeksi. (Xiang ym. 2005.)

Pelaajan geneettiset tekijät sekä aikaisemmat lääketieteelliset operaatiot vaikuttavat vammojen todennäköisyyteen. Urheilijoiden geeniperimästä on löydetty riskitekijöitä erityisesti jänteen ja nivelsiteiden vammoille. (Collins & Raleigh 2009.) Myös aikaisemmat lääketieteelliset operaatiot nostavat riskiä jänteen ja nivelsiteiden vammoille, joista yleisin operoitava alue on polvi. Mitä vanhemmasta pelaajasta on kyse, sitä todennäköisempää on, että pelaaja on ollut polvileikkauksessa. Jungen ym. (2000) tutkimuksessa aikuisista pelaajista jopa 1/5 on ollut polvileikkauksessa. Pelaajista 24 % edelleen tunsu aikaisemman polvi tai nilkkanavamman vaikuttavan pelaamiseen.

4 SÄÄREN ANATOMIA JA TOIMINTA

Sääri on ihmisen alaraajan osa, joka sijaitsee polvinivelen ja nilkan nivelsiteiden välisellä alueella. Sääri koostuu kahdesta luusta, lihaksista, verisuonista, hermoista ja niitä ympäröivistä kudoksista. Nämä joutuvat jatkuvasti kovalle rasitukselle kantaessaan koko kehon painoa. (Saarikoski ym. 2012.)

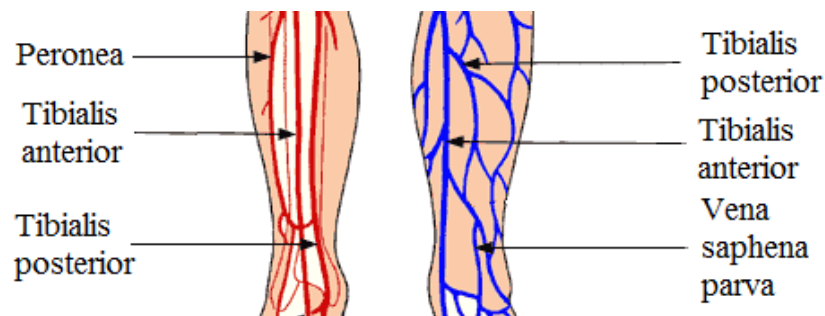
4.1 Iho

Säären alueen iho ei eroa huomattavasti muiden kehon alueiden ihosta. Androgeenin eli mieshormonin tuotannon seurauksena säären karvoitus alkaa kuitenkin lisääntyä murrosiässä enemmän kuin monissa muissa ruumiinosissa. (Moore & Dalley 1999, 13.) Iho tarjoaa sisäelimille suojaa, lämpötilan säätelyä sekä aistien vastaanoton (Creager 1983, 109; Moore & Dalley 1999, 13). Iho suojaa sisäelimiä estämällä haitallisten säteilyjen, kemikaalien ja mikrobien pääsyn kehoon (Creager 1983, 109). Ihon pinnan paksuus on kuitenkin vain noin 1–4 millimetriä (Moore & Dalley 1999, 13). Tämän seurauksena iho voi vaurioitua jo hyvin pienestä siihen kohdistuvasta voimasta. Esimerkiksi Davisin ym. (2003) tutkimuksen mukaan injektioneula läpäisee ihon jo 0.1–3 N voimasta. Kehon nestetasapaino ja lämmönsäätely ovat hyvin riippuvaisia ihosta. Iho estää liiallisen nesteidenmenetyksen sekä liiallisen osmoottisen imeytymisen kehoon. Kuumalla säällä pintaverisuonet laajenevat, jonka seurauksena veri pääsee lähelle ihon pintaa, mikä mahdollistaa lämmön haihtumisen. Kylmässä taas pintaverisuonet supistuvat, joka estää veressä olevan lämmön haihtumista. Iho aistii myös reseptoreiden avulla kylmää, kuumaa, painetta ja kipua, jonka avulla ihminen pystyy estämään vaaratilanteita sekä ilmoittamaan vaurioista. (Moore & Dalley 1999, 13.)

4.2 Verenkierto

Säären verenkierto koostuu valtimoverenkierron ja laskimoverenkierron toiminnasta (Kuva 5) (Moore & Dalley 1999, 524). Säärelle verta tuova reisivaltimo jakautuu säären yläosassa etummaisiksi säärivaltimoksi (arteria tibialis anterior) sekä takimmaisiksi säärivaltimoksi (arteria tibialis posterior). Arteria tibialis posterior haarautuu erilleen pohjevaltimoksi (arteria peronea). (Budowick 2008, 156.) Arteria tibialis posterior ja arteria peronea huoltavat säären takaosan lihaksia sekä kuljettavat veren jalkapohjan lihaksille. Arteria tibialis anterior kulkee tibian ja fibulan välistä, missä se huoltaa säären etuosan lihaksia sekä kuljettaa veren jalkapöydän lihaksille. (Creager 1983, 472; Budowick 2008, 156.)

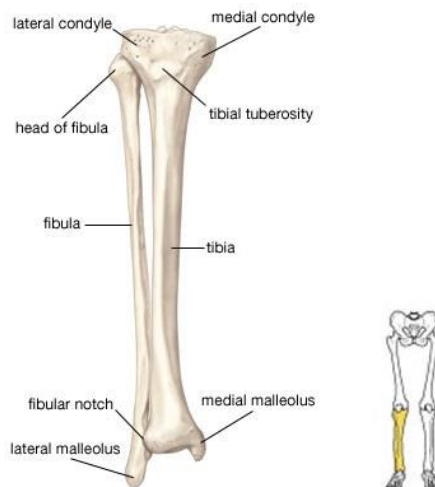
Hapeton veri palaa jalkaterästä sääreen ja eteenpäin laskimoverenkierron kautta. Laskimoverenkierto jakautuu syvään ja pinnalliseen laskimojärjestelmään. Pinnallisten laskimoiden veri ohjautuu yhdyshaarojen kautta syviin laskimoihin ja sieltä takaisin sydämeen sekä keuhkoihin. (Budowick 2008, 156.) Pinnallinen laskimoverenkierto haarautuu reisilaskimoksi (vena femoralis), isosafeenaksi (vena saphena magna) ja pikkusafeenaksi (vena saphena parva). Syvemmät laskimot seuraavat pääosin valtimoverenkiertoa. (Budowick 2008, 156; Creager 1983, 472.) Laskimoissa veri siirtyy eteenpäin verenpaineen ja lihaksien vaikutuksen ansiosta. Laskimoiden läppäjärjestelmä myös avustaa veren kulkemista sydäntä kohti. (Moore & Dalley 1999, 527.)



KUVA 5. Säären alueen verisuonet (Totallyfeet 1994).

4.3 Luut

Sääri rakentuu kahden luun varaan: kehon medial puolella oleva paksumpi tibia sekä lateral puolella oleva fibula (Kuva 7). Tibia on kehon toiseksi suurin luu. Tibian massiivinen koko johtuu siihen kohdistuvista rasituksista. (Moore & Dalley 1999, 512.) Tibia on yksinään kiinnittynyt polviniveleen ja tämän seurauksena se joutuu kantamaan kaiken kehon painon säären alueelta (Moore & Dalley 1999, 504; Peck 1982, 72 & Creager 1983, 148). Tibian proksimaalinen pää on luun paksuin osuus, koska se yhdistyy kehon suurimman luun femurin nivelnastoihin (Moore & Dalley 1999, 512; Peck 1982, 72). Tibian huomattavasti pienempi distaalinen pää on fibulan kanssa kiinnittynyt jalkaterän talus-luuhun. Kehon paino siirtyy talus -luuhun tibian kautta. Fibulan distaalinen pää toimii tukena, jonka avulla talus pysyy paikoillaan siihen kohdistuvista suurista voimista huolimatta. (Moore & Dalley 1999, 512.) Fibulan proksimaalinen pää on kiinnittynyt tibian lateraalipuolelle (Peck 1982, 72). Tästä syystä fibula ei ole apuna kehon painon kannattamisessa. Sen päätehtävä on toimia lihasten kiinnityskohtana sekä luoda stabiilitettä nilkan liitoskohtaan. (Moore & Dalley 1999, 512.)



KUVA 6. Säären luut (Britannica 2015).

4.4 Hermot

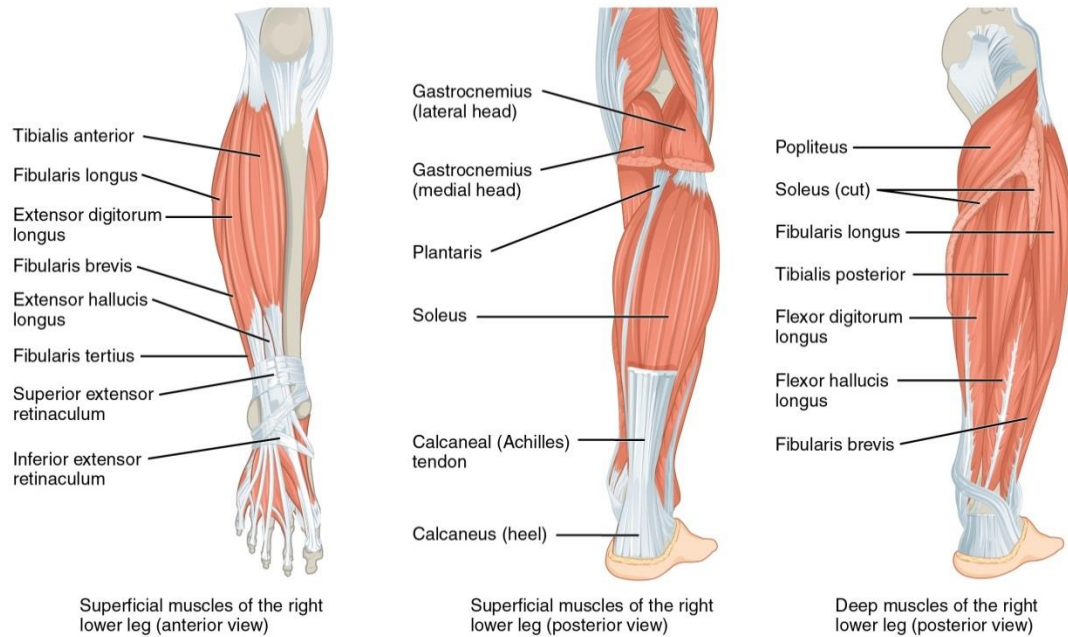
Selkäydinhermojen etuhaarat ovat vastuussa alaraajojen sekä yläraajojen hermotuksesta. Ensimmäisen (nervus lumbales) ja neljännen (nervus sacrales) väliset selkäydinhermojen haarat muodostavat lanne-ristipunoksen. Tästä punoksesta haarautuvat sääreen menevät hermot. (Budowick 2008, 154.) Nervus saphenus haarautuu suuremmasta reiden nervus femoraliksesta ja hermottaa säären ja jalkaterän sisäsivun ihoa (Moore & Dalley 1999, 582; Budowick 2008, 154). Reiden takaosan lihaksia hermottava nervus ischiadicus jakautuu polven kohdalla nervus tibialiksi sekä nervus peroneukseksi (Budowick 2008, 154). Nervus tibialis on vastuussa säären takaosan ja jalkapohjan lihaksien sekä jalkapohjan ihon hermotamisesta. Nervus peroneus hermottaa säären ulkosivun ja jalanselän ihoa. Nervus peroneus haarautuu syväksi (nervus peroneus profundus) sekä pinnalliseksi (nervus peroneus superficialis) hermoiksi, jotka hermottavat kaikkia säären ulkosivun ja etuosan lihaksia. (Budowick 2008, 154; Moore & Dalley 1999, 582.)

4.5 Lihakset

Säären alueelle kiinnittyvät lihakset vaikuttavat lonkkanivelen, polvinivelen, nilkkanivelen ja varpaiden liikkeeseen (Budowick 2008, 148). Alueen lihakset voidaan jakaa etummaisiiin, takimmaisiiin ja ulkoreunassa oleviin lihaksiin (Kuva 6) (Moore & Dalley 1999, 576).

Etummaiseen lihasryhmään kuuluu neljä lihasta: musculus extensor digitorum longus, musculus tibialis anterior, musculus extensor hallucis longus ja musculus peroneus tertius. Lihasten toiminnat vaikuttavat nilkkanivelen dorsifleksioon eli koukistukseen ja varpaiden ekstensioon eli ojennukseen. (Moore & Dalley 1999, 576; Creager 1983, 224 & Budowick 2008, 152.)

Säären ulkoreunan lihasryhmään kuuluu kaksi lihasta: musculus peroneus longus ja musculus peroneus brevis. Lihakset mahdollistavat eversion eli kyvyn kääntää jalkaterää lateraalisuuntaan. (Moore & Dalley 1999, 152.)



KUVA 7. Säären alueen lihakset (Danceproject 2014).

Takimmaisen säären alueen lihakset jakautuvat syviin ja pinnallisiin lihaksiin. Syvään lihasryhmään kuuluu neljä lihasta: musculus popliteus, musculus flexor hallucis longus, musculus flexor digitorum longus ja musculus tibialis posterior. Supistuessa musculus flexor digitorum longus ja musculus flexor hallucis longus aiheuttaa plantaarifleksiota eli nilkan ojennusta ja varpaiden koukistusta. (Moore & Dalley 1999, 576; Budowick 2008, 152.) Tibialis posterior ei ylety varpasiin asti, joten supistuessa se aiheuttaa vain nilkan plantaarifleksiota ja inversiota eli kykyä kääntää jalkapohjaa mediaali suuntaan. Musculus popliteus on pieni polvinivelen lihas, jonka tehtävä on estää polven lukittuminen sekä olla apuna polven koukistumisessa. (Moore & Dalley 1999, 576.) Pinnalliseen lihasryhmään kuuluu kolme lihasta: musculus gastrocnemius, musculus soleus ja musculus plantaris. Musculus plantaris on pieni lihas joka ylettyy femurin linea supracondylaris lateralis kohdasta nilkassa olevan calcaneus

luun mediaalipuolelle. Tästä johtuen musculus plantaris pystyy auttamaan heikosti polven ojennuksessa sekä nilkan plantaarifleksioista. Musculus gastrocnemius on suuri pohjelihas, jonka proksimaalinen pää kiinnittyy femuriin linea supracondylarikseen lateraali ja mediaalipuolelta. Distaalinen pää musculus gastrocnemiuksesta on kiinnittynyt calcaneuksen posterior puolelle. Supistuessa musculus gastrocnemius aiheuttaa nilkan plantaarifleksiota ja polven koukistusta. (Moore & Dalley 1999, 588.) Musculus gastrocnemiuksen alla sijaitsee musculus soleus, jonka proksimaalinen pää on kiinnittynyt fibulan päähän ja sivulle. Musculus soleuksen distaalinen pää on kiinnittynyt myös calcaneuksen posterior pinnalle. Proksimaalisen kiinnityskohtansa takia musculus soleuksen on mahdollista tuottaa suuri voima nilkan plantaarifleksiossa polvikulmasta riippumatta. (Moore & Dalley 1999, 588; Creager 1983, 224.) Musculus soleus ja musculus gastrocnemius muodostavat yhdessä kolmipäisen pohjelihaksen eli musculus triceps surae, jonka tuottama voima nilkalle mahdollistaa kävelyn, juoksun ja hyppäämisen. (Moore & Dalley 1999, 588; Budowick 2008, 152.)

5 SÄÄRIVAMMOJEN TYYPIT

5.1 Ihovauriot

Säären etupuolella tibian sivuilla sijaitsevat musculus tibialis anterior ja musculus soleus sekä mahdollinen rasvakerros vaimentavat tibiaan ja fibulaan kohdistuvien iskujen voimaa (Helal ym. 1986, 401; Budowick ym. 2008). Lihakset eivät kuitenkaan ylety suojaamaan tibian etuosaa. Tästä syystä sääreen kohdistuva isku vaurioittaa luuta ympäröivää tuntoherkkää luukalvoa, joka voi aiheuttaa kovaa kipua. (Helal ym. 1986, 401; Saarelma 2015b.) Sääreen kohdistuneessa iskussa pienet verisuonet vaurioituvat, jonka seurauksena verta vuotaa kudoksiin. Vuoto aiheuttaa iskun alueelle veripahkan tai ihonalaisen mustelman. Elimistön korjatessa kudovauriota iskun alueelle kerääntyy kudostenestettä ja korjaavia soluja. Tämä aiheuttaa säären alueelle turvotusta, joka usein tuntuu särkynä. Iskusta aiheutuneista vaurioista paraneminen kestää muutamasta päivästä viikkoihin, riippuen iskun voimakkuudesta. (Saarelma 2015b.)

Säären alueen ihovaurioista jalkapallossa on hyvin vähän tarkkaa tutkimustietoa, koska vaurioiden seuraukset ovat hyvin pienet verrattuna muihin mahdollisiin urheiluvammoihin. Lapsilla on kuitenkin havaittu ihon ruhjeita huomattavasti aikuisia pelaajia enemmän. Jopa 21 % lasten vammoista on ihon ruhjeita, jotka keskittyvät pääosin alaraajoille. (Kakavelakis ym. 2003.) Ihon vammojen osuus kaikista vammoista on todettu laskevan merkittävästi ikääntymisen myötä. Laskuun voidaan olettaa vaikuttavan pelaajien taidon kehittyminen. Myös valitettavasti toistuvien vakavimpien vammojen, kuten nivelsidevammojen määrän kasvaminen pienentää ihovammojen osuutta. (Brito ym. 2012.) Vaikka ihovammojen määrä on todettu laskevan iän myötä, silti useat tutkimukset ovat havainneet suuria määriä ruhjevammoja myös aikuisten pelaajien joukossa. Herreron ym. (2013) tutkimuksessa 18–29-vuotiailla amatööripelaajilla noin 23 % kaikista vammoista oli ruhjevammoja. Kuitenkin tutkimuksessa 30–55-vuotiailla pelaajilla on havaittavissa pientä laskua ruhjevammojen määrässä. Myös useissa ammattipelaajiin kohdistuvissa tutkimuksissa ihoruhjeiden osuus

kaikista urheiluvammoista on todettu olevan 15–20 % luokkaa. (Hawkins & Fuller 1999; Östenberg & Roos 2000 & Ekstrand 2008.)

Tarkkaa kuvaa sääreen kohdistuvien ihovammojen määrästä on vaikea saada, koska ihovaurion vammat ovat usein hyvin pieniä. Tutkimukset määrittelevät usein urheiluvammat eri tavoin. Useissa tutkimuksissa urheiluvamman määrittäminen perustuu sairaalatiekantaan tai sairaspäivien määrään. Usein ihovammat eivät vaadi sairaalakäyntiä tai sairaspäiviä, joten ne jäävät huomioimatta tutkimuksessa. Tämän vuoksi on mahdollista, että ihovaurioiden määrä on huomattavasti suurempi mitä tutkimukset antavat näyttää.

5.2 Luuvauriot

Luu on erikoistunutta sidekudosta, joka luo vartalolle tukirangan, suojaa sisäelimiä ja mahdollistaa lihaksille kiinnittymiskohdat (Reid 1992, 103). Suuremmat luut kestävät paremmin niihin kohdistuvia iskuja. Tämän vuoksi tibia vaatii erittäin suuren voiman murtuakseen. (O'Connor ym. 1998, 35.) Tibia on kuitenkin kaikista ohuimpana sen keskiosasta ja 1/3 distal pään puolelta. Nämä kohdat ovat riskialttiimpia murtumille. (Moore & Dalley 1999, 514.) Murtumisriskialuetta on todistettu Sepherin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa, jossa etsittiin 3D-mallin avulla tibian heikoimpia alueita. Taivutus- ja vääntömomentin seurauksena tibian 3D-mallissa murtuma tapahtui säären keskiosassa. Murtumaa ei aiheutunut distal puolen 1/3, koska tämä alue on riskialtis yleensä vain kestävyysliikunnassa, varsinkin pitkän matkan juoksussa. (Moore & Dalley 1999, 514; Sepheri ym. 2010.) Rasituksesta aiheutuvat murtumat ovat varteenotettava riski kaikissa kestävyyttä vaativissa juoksulajeissa, kuten jalkapallossa. Ikä, perimä, kuntotaso ja rasituksen määrä on todettu vaikuttavan murtumien määriin. (Yagi ym. 2013; Milgrom ym. 1994 & Giladi 1987.)

Iskusta johtuva murtuma tapahtuu, kun iskun voimakkuus ylittää luun kestävyuden. (Moore & Dalley 1999, 504; O'Connor ym. 1998, 34). Rasitusmurtuman tavoin ikä, perimä ja terveys vaikuttavat siihen kuinka suuri voima tarvitaan murtuman aiheuttamiseen (Castrén ym. 2012). Kuten muutkin elimet, luut sisältävät verisuonia, imusuonia sekä hermoja, jotka voi-

vat vaurioitua luun murtuessa (Moore & Dalley 1999,18). Näissä kohdissa on suuri riski, että katkennut luun piikki aiheuttaa sisäisen verenvuodon repäisemällä verisuonia poikki (Moore & Dalley 1999, 514). Tibian murtuessa verta saattaa vuotaa jopa 500 millilitraa, jolloin henkilö menee sokkiin. Vaurion ollessa avomurtuma riski vakavammasta verenvuodosta ja tulehtumisesta kasvaa. (Castrén ym. 2012.) Erittäin vakava luun katkeaminen sisältää riskin jalan amputaatiolle. Tampen ym. (2014) tutkimuksen mukaan amputaation riski on kuitenkin vain noin 3,6 % kaikista tapauksista.

Fibulan murtumat ovat usein yhteydessä nilkan murtumien kanssa, koska yksi fibulan päätehtävistä oli tuoda stabiliteettia nilkan liitoskohtaan (Moore & Dalley 1999, 512). Nilkan päästessä kääntymään väkisin yli nivelsiteiden fibulan asettama tuki voi pettää, mikä aiheuttaa fibulan murtumisen. Nilkan murtuessa fibulan distal päästä 2–6 senttimetrin alue on riskialtein kohta murtumalle. (Moore & Dalley 1999, 514.)

Urheilussa lapset ovat kaikista alteimpia luiden murtumille, koska heidän luut ovat vasta kasvuvaiheessa ja huomattavasti joustavampia kuin aikuisten (Moore & Dalley 1999, 504; Reid 1992, 103). Lisäksi urheilulajin luonne saattaa myös olla raskaampaa kuin mistä nuori luusto pystyy suoriutumaan (Moore & Dalley 1999, 504). Toisin kuin aikuisilla, lapsilla säären murtumat kohdistuvat yleensä tuberositas tibiaen alueelle eli tibian proksimaali puolen etuosaan (Basile & Zhao 2009; Moore & Dalley 1999, 504). Syyksi tälle on arvioitu heikompi lihasten ja polvinivelen tuoman suoja. Pidemmälle kehittyneet lihakset ja nivelet pystyvät paremmin absorboimaan iskuja, jolloin tuberositas tibiae välttyy kovimmilta iskuilta. Lisäksi lapsen tibia on edelleen hyvin joustava ja ei tästä syystä kestä vielä iskuja samalla tavalla kuin aikuisilla. (Basile & Zhao 2009.)

Tibian ja fibulan murtumien riski on hyvin lajikohtainen. Tatar ym. (2013) ja Francisco ym. (1998) tutkimuksien mukaan säärisuojat eivät välttämättä voi estää jalkapallossa säären murtumista.

5.3 Hermovauriot

Suoran iskun seurauksena hermossa tapahtuu väliaikainen iskemia, jossa verenkierto hermoon häiriintyy. Tämän seurauksena hermo ajautuu hapen puutteeseen, joka aiheuttaa hermosäikeiden kuolemaa. Iskulle kohdistuneella alueella tämä näkyy motoriikan ja tuntoaistin muutoksina. Selkäytimen solukeskukset eivät kuitenkaan vaurioidu iskussa ja tämän seurauksena hermosäikeet kasvavat ajan myötä takaisin. (Lachmann 1988, 37.)

Säären alueen hermoista riskialtein iskuille on nervus peroneus (Lachmann 1988, 37; Helal ym. 1986, 402 & Moore & Dalley 1999, 585). Isku kyseisen hermon alueelle aiheuttaa musculus tibialis anteriorin hetkellisen halvaantumisen, jonka seurauksena nilkalla ei voida suorittaa dorsifleksiota. Nilkan toiminta palaa kuitenkin normaaliksi jo muutaman minuutin aikana. (Lachmann 1988, 67; Helal ym. 1986, 402.) Nervus peroneus katkeaa helposti fibulan proksimaalisen pään murtumassa sekä venyy tai katkeaa polven dislokaatiossa. Kyseisen hermon katkeaminen aiheuttaa säären anterior- ja lateral -puolella sijaitsevien lihaksien halvaantumisen. Vamma vaikuttaa muun muassa musculus tibialis anteriorin toimintaan, jonka seurauksena nilkan dorsifleksiota ei kyetä suorittamaan. Kävellessä tämä näkyy etuvarpaiden raahauksella maata pitkin. (Moore & Dalley 1999, 585.) Coracin ym. (2000) sekä Krychin ym. (2014) tutkimuksien mukaan musculus tibialis anteriorin kyky suorittaa nilkan dorsifleksio heikkenee huomattavasti vammautumisen seurauksena. Hermovaurion vakaavuus usein määrittelee onko toimintakykyä mahdollista palauttaa ennalleen. Muut säären alueen hermot eivät ole yhtä riskialttiita, koska ne ovat hyvin suojassa luiden ja lihasten välissä. Syvän haavan tai polven dislokaation seurauksena muutkin hermot voivat kuitenkin vaurioitua. (Moore & Dalley 1999, 575.) Nervus saphenuksen vaurioituminen aiheuttaa jalan mediaali puolelta ihon tuntoaistin menettämisen (Cohen ym. 2014). Nervus tibialiksen vaurioituminen aiheuttaa koukistajalihaksien halvaantumisen, jonka johdosta henkilö ei pysty tekemään nilkan plantaarifleksiota tai koukistamaan varpaita. Myös jalkaterästä katoaa tuntoaisti. (Moore & Dalley 1999, 575.)

Hyvin korkeat säärisuojat voivat vaimentaa nervus peroneukseen kohdistuvia epämiellyttäviä iskuja. Lisäksi säärisuojat estävät tapaturmia, joissa sääreen aiheutuisi hermoja vaarantavia syviä haavoja. Silti suurin osa vakavista hermoihin kohdistuvista vammoista liittyvät polven dislokaatioon. (Coraci ym. 2000; Moore & Dalley 1999, 575.) Myöskään jalkapallossa säären murtumia ei pystytä aina estämään pelkästään säärisuojien avulla (Tatar ym. 2013). Tämän vuoksi säärisuojien vaikutus hermovaurioiden estämisessä on hyvin pieni.

5.4 Lihasvauriot ja verenkiertovauriot

Säären alueen lihasvauriot johtuvat suurimmaksi osaksi yllirasituksesta (Helal ym. 1986, 409). Yleisin säären alueen rasitusvamma on säären lihasaitio-oireyhtymä eli penikkatauti (Biber & Gregory 2012). Kyseisen rasitusvamman saaminen on riskialtista kaikissa urheilulajeissa, mitkä sisältävät paljon juoksemista. Keskimääräisesti 6–16 % kaikista juoksemisesta aiheutuneista vammoista on penikkataudista johtuvia. (Yates & White 2004.) Kyseisen vamman aiheuttaa rasittuneen lihasryhmän turpoaminen, koska sitä ympäröivä kalvo ei anna myötä (Lachmann 1988, 27; Saarelma 2015a). Tämän seurauksena lihasaition paine kohoaa, joka voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa verenkierron pysähtymisen lihaksessa. Penikkataudin voi aiheuttaa rasituksen lisäksi myös kova isku lihaksen alueelle (Saarelma 2015a).

Lihaksen on verisuonia sisältävää kudosta ja tästä syystä verenvuoto on yleistä iskusta johtuvien lihasvaurioiden yhteydessä (Lachmann 1988, 28). Suora isku lihakseen voi aiheuttaa lihaksen sisäisen verenvuodon. Vakavimmat verenvuodot tapahtuvat suurissa lihaksissa, kuten musculus gastrocnemiuksessa. (Lachmann 1988, 28; Reid 1992, 89.) Penikkataudin tavoin joustamattoman peitinkalvon seurauksena verenvuoto aiheuttaa lihaksen sisäistä jännitystä, joka rajoittaa liikettä. Vuodosta syntynyt paine harvoin ylittää valtimon painetta, mikä aiheuttaisi alueelle iskemian. Yleensä verenvuoto leviää lihassäikeille, johon se hyytyy. Tämä tuntuu turvotuksena, paineena ja kipuna. Parantuminen voi viedä jopa kuusi viikkoa riippuen lihaksesta ja iskun kovuudesta. (Lachmann 1988, 28.) Säären alueen iskuista johtuvia lihas- ja verenkiertovaurioita on mahdollista suojata säärisuojan avulla.

6 MARKKINOILLA OLEVAT SÄÄRISUOJAT

Perinteinen säärисуoja muodostuu kovasta ulkopinnasta ja pehmustetusta sisäpinnasta (Tatar ym. 2013; Ankrah & Mills 2003). Ulkopinta valmistetaan yleisimmin lasikuidusta, hiilikuidulla lujitetusta muovirakenteesta tai polypropeenista (Francisco ym. 1998 & Tatar ym. 2013). Polypropeeni on muoviseos, joka on yleisimmin käytössä perinteisissä säärисуojissa (Francisco ym. 1998). Säärисуojan sisäpinta muodostaa pehmusteen jalan ja kovan ulkopinnan väliin (Tatar ym. 2013). Sisäpinnan tehtävä on estää säärисуojasta aiheutuvia hiertymiä ja tehdä suojasta miellyttävä käyttää. Säärin kohdistuvan iskun tapahtuessa sisäpinta toimii myös apuna iskun vaimentamisessa. (Ankrah & Mills 2003.) Hyvän säärисуojan tulee suojaamisen lisäksi mahdollistaa sulava liike nilkalle ja polvelle (Tatar ym. 2013).

Euroopan jalkapallon BS EN13061:2009 standardin mukaan säärисуojan tehtävä on estää säären alueen haavoja, ruhjeita ja pistoja (Ankrah & Mills 2003). Perinteisen säärисуojan ei siis oleteta pystyvään suojaamaan tibian murtumilta (Tatar ym. 2013). Tämä ilmenee hyvin Changin ym. (2007) tutkimuksessa, jossa havaittiin, että jalkapallon pelaajilla on ollut 95,8 % murtumatapauksista säärисуojat käytössä. Säärисуojien suojaavuutta on pyritty parantamaan NOCSAE -standardien avulla. NOCSAE tutkimuksessa testataan täyttääkö säärисуoja yleiset säärисуojille asetetut standardit. Testiin valitaan säärисуojamallista kolme identtistä suojaa, jotka testataan kolmesta kohdasta. Jos yksikin testattavista suojusta ylittää standardiin asetetut rajat yhdessä kohdassa, ei säärисуojamalli läpäise testiä. NOCSAE -standardin läpäiseminen vaikuttaa merkittävästi suojusten menestymiseen markkinoilla. Kaikki viralliset jalkapallopelit sekä suuri osa kouluista maailmalla vaativat pelissä käytettävien suojusten läpäisevän NOCSAE -standardin. (Nocsae 2015.)

Säärисуojien välisiä eroja on pyritty selvittämään useissa tutkimuksissa. Kaikki NOCSAE -sertifioidut säärисуojat antavat hieman suojaa tibian murtumille, mutta erot suojustuksessa suojusten välillä ovat suuria. (Francisco ym. 1998). Säärисуojan kovan ulkopinnan lujittaminen erikoisvalmisteisella hiilikuidulla tai lasikuidulla on todettu suojaavan huomattavasti

paremmin murtumilta kuin tavallinen polypropeenisuojat. (Tatar ym. 2013; Francisco ym. 1998). Lasikuitupinta on tutkitusti todettu olevan kestävin ratkaisu säärisuojan ulkopinnalle (Ankrah & Mills 2003). Erot säärisuojien välillä alkavat näkyä vasta suurilla voimilla mitattuna. Tämä tarkoittaa, että tavalliset polypropeenisuojat suojaavat pienemmiltä ruuveilta yhtä hyvin kuin erikoisvalmisteiset suojat. (Francisco ym. 1998.) Säärisuojan sisäpehmusteen ja ulkokuoren paksuuden kasvattaminen vähentää huomattavasti sääreen kohdistuneen iskun siirtymistä tibian luukalvolle (Francisco ym. 1998; Ankrah & Mills 2003). Jalkapallon pelaajat valitsevat suuremman ja paksumman säärisuojan sijasta pienemmän ja ohuemman suojan, koska niitä on huomattavasti mielekkäämpi käyttää pelin aikana (Francisco ym. 1998).

7 TESTATTAVAT SÄÄRISUOJAT

Tutkimukseen valitut markkinoilla olevat säärisuojat ovat läpäisseet NOCSAE -standardin. Kyseiset suojat poikkeavat Zero Pointin prototyypeistä materiaalissa ja rakenteellisissa ominaisuuksissa.

7.1 Nike Mercurial Blade

Niken valmistama Mercurial Blade -säärisuoja on valmistettu hyvin ohuesta hiilikuitukuoresta ja Poron-yrityksen valmistamasta vaahtomuovista (Kuva 8). Hiilikuitukuoren tarkoitus on estää iskuista aiheutuvan voiman siirtyminen säären alueelle. Vaahtomuovin tehtävä on luoda mukavuuden ja istuvuuden tunnetta sekä toimia myös osana iskujen absorptiossa. (Prodirectsoccer 2015; Poroncushioning 2015.)

Mercurial Bladen suojaavuus perustuu pääosin suojan pinnassa olevan hiilikuitukuoren ominaisuuksiin. Hiilikuitu on mikroskooppisista hiilisäikeistä valmistettu kudos. Noin 5–8 µm. läpimitaltaan olevat hiilisäikeet ovat sitoutuneet toisiinsa pieniksi kiteiksi. Kiteistä muodostuva kudos sisältää teräksen kaltaisen lujuuden, mutta vain pienen osan teräsrakenteen painosta. (Chung 1994, 11.) Tästä syystä hiilikuidulla pinnoitettu Mercurial Blade on suhteellisen kevyt ja erittäin suojaava säärisuojamalli.



KUVA 8. Niken Mercurial Blade säärisuojat (Carbonfibergear 2009).

7.2 Nike Mercurial Flylite

Niken valmistama Mercurial Flylite -säärisuoja on Mercurial Blade -suojaa kevyempi malli. Kovan ulkopinnan sijasta Mercurial Flylite -suojassa on keskitytty vaahtomuovirakenteen uudistamiseen. Suojassa vaahtomuovi on korvattu muovisella verkkorakenteella, jonka tarkoitus on absorboida iskuja normaalia vaahtomuovirakennetta tehokkaammin (Kuva 9). Hunajakakkeita muistuttavan verkkorakenne ja muovinen ulkokuori yhdistyvät toisiinsa verkkorakenteessa kiinni olevien imukuppien avulla. Tämän seurauksena rakenteiden väliin jää paljon tyhjää tilaa, mikä lisää suojan hengittävyttä merkittävästi. (Soccerbible 2014)

Nike on poistanut Mercurial Flylite -mallista kaiken muun suojauksen ja keskittynyt vain verkkorakenteeseen. Suojan keveys ja hengittävyys tekee Mercurial Flylitestä käytettävyydeltään Mercurial Bladea mielekkäämmän tuotteen pelin aikana. Vaikka Mercurial Flylite täyttää NOCSAE-standardit, sen suojaavuus voidaan olettaa huomattavasti heikommaksi, kuin Mercurial Bladen kaltaisten kovakuoristen suojien.



KUVA 9. Nike Mercurial Flylite säärisuojat (Prodirectsoccer 2015).

7.3 Zero Pointin prototyypit

Zero Point Finland Oy:n valmistamissa kolmessa prototyypissä pääpaino on asetettu iskunvaimennuksen sijasta suojan keveydelle sekä käytettävyydelle. Suojien suunnittelussa on keskitytty parhaaseen mahdolliseen paikalleen puettavuuteen sekä käyttömukavuuteen. Tämän vuoksi suoja ei voi sisältää Mercurial Bladen kaltaista kovaa ja taipumatonta hiilikuitukuorta. Suojat ovat D3O- ja LINK -yritysten suunnittelema ja ne ovat valmistettu D3O:n

tuottamista materiaaleista. Materiaalivalintoihin on päädytty arvioimalla kilpailevien yritysten suojia sekä D3O materiaalien ominaisuuksia. Testaukseen valitut kolmen prototyypin sisäpinnat eroavat toisistaan materiaaleissa sekä paksuudessa. Jokaisen suojan kova ulkopinta on kuitenkin valmistettu samasta materiaalista. Tavallisesti käytettävänä polypropeenin sijasta ulkokuori on valmistettu polyamidista PA12 eli nailonista. Tämän avulla 1 millimetrin paksuisesta ulkokuoresta on pyritty saamaan joustava, sitkeä sekä iskunkestävä. Taipuisalla ulkokuorella mahdollistetaan toivottu puettavuus ja käyttömukavuus.

Jokaisen prototyypin vaahtomuovirakenne on valmistettu eri D3O materiaaleista. Ensimmäinen prototyypin sisäpinta on kymmenen millimetriä paksu ja se on valmistettu kahdesta eri vaahtomuovirakenteesta nimeltä XT ja LITE, jotka ovat nidottu päällekkäin. XT -materiaalilla on suurempi tiheys, mutta LITE -materiaalin iskunkestävyys on huomattavasti suurempi. Toisen prototyypin sisäpinta on vain kuusi millimetriä paksu. Ohuen pinnan aiheuttamaa heikompaa suojausta on kompensoitu kovemmalla sisäpinnan ST -materiaalilla. Kyseinen materiaali on huomattavasti sitkeämpää eikä se puristukseen joutuessa palaudu alkuperäiseen muotoon yhtä nopeasti kuin muut prototyypit. Kolmannen prototyypin sisäpinta on myös kymmenen millimetriä paksu. Suoja on valmistettu Decell B -materiaalista. Kyseinen materiaali on alun perin suunniteltu kävely- ja juoksukenkien pohjallisiin. Tästä syystä materiaalin tiedoissa on keskitytty eri osa-alueisiin ja tiedot iskunkestävyydestä, vetolujuudesta ja imukyvystä puuttuvat. Materiaalierojen vaikutukset suojien iskunkestävyyteen tulevat tarkemmin selville iskutesteissä.

TAULUKKO 1. Zero Pointin prototyyppien ominaisuudet (D3O 2015).

Ominaisuus	ST	XT	Decell B	Lite
Tiheys (kg/m ³)	400–550	400–600	280–320	90–290
Iskunkestävyys (kN)	3,8	3,8	–	10–24
Vetolujuus (n/mm ²)	1,5	1,7	–	1.3–2.5
Veden imukyky (%)	3	5	–	3-8
Murtovenymä (%)	180	160	250	250–310

8 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA ONGELMAT

Tutkimuksen tarkoitus oli tutkia Zero Pointin valmistamien säärisuojaprototyyppien toimivuutta jalkapallossa. Suojien toimivuus voidaan jakaa sääreen kohdistuvien vammojen suojaamiseen sekä käyttömukavuuteen. Prototyyppien suojaavuutta tutkittiin iskutestien avulla, joissa tuloksia verrattiin muihin testattaviin jo markkinoilla oleviin suojiin. Prototyyppien käyttömukavuutta testattiin jalkapallopelien aikana, joissa käyttäjät vertailivat prototyyppijä aikaisempiin käyttökokemuksiin.

Tutkimuksen pääongelmana oli selvittää miten materiaalierot vaikuttavat säärisuojan suojaavuuteen. Mercurial Flyliten kaltaiset suojat, joissa kovan ulkopinnan sijasta on keskitytty pehmeään sisäpintaan, kasvattavat suosiota. Laboratoriotutkimuksessa selvitettiin kahden erilaisen kaupallisen ja kolmen prototyypin iskunvaimennuskykyä sekä tekojalalla, että aikuisilla koehenkilöillä. Säärisuojan ei oleteta pystyvän estämään säären murtumia (Tatar ym. 2013). Tekojalalla suoritettavissa iskutesteissä kuitenkin selvitettiin onko testattavilla suojiilla mahdollisuuksia estää myös vakavampia vammoja. Prototyyppien iskutestituloksia vertaamalla markkinoilla olevien suojien tuloksiin oli mahdollista myös arvioida tulevatko uudet Zero Pointin prototyypit läpäisemään NOCSAE -standardit.

Parhaiten suojaavat säärisuojat eivät kuitenkaan ole hyödyksi, jos pelaajat eivät suostu käyttämään niitä. Aikaisemmissa tutkimuksissa oli tullut selville, että jalkapallon pelaajat valitsevat mahdollisimman ohuet suojat, koska ne ovat parhaimman tuntuiset käytössä. (Francisco ym. 1998.) Zero Pointin säärisuojaprototyypeissä pääpaino oli asetettu käyttömukavuuteen. Tästä syystä tutkimuksessa selvitettiin myös jalkapallon pelaajien käyttäjäkokemuksia prototyypeistä. Tämän avulla oli mahdollista arvioida millainen suhde prototyypeillä on käyttömukavuuden ja suojaavuuden välillä.

Tutkimuksen hypoteesina oli, että kovan ulkokuoren puuttumisen johdosta Zero Pointin prototyypit ja Mercurial Flylite suojaavat kovilta iskuilta huomattavasti heikommin kuin

Mercurial Blade. Iskun aiheuttaman painejakauman oletettiin keskittyvän pienemmälle alueelle Mercurial Flylite suojassa sekä Zero Pointin prototyypeissä, koska suojien pehmeä ulkopinta taipuu iskukappaleen mukaisesti. Mercurial Blade suojassa ulkopinta on taipumaton, jonka seurauksena iskusta aiheutunut paine jakautuu koko säären alueelle. Oletettiin, että laajempi paineen jakautuminen aiheuttaa koehenkilöillä alhaisempaa kivun tunnetta. Mercurial Flyliten ja prototyyppien sisäpehmusteiden korostaminen voi kuitenkin vaimentaa pieniä iskuja paremmin, jos iskun voimakkuus pysyy niin pienenä, että sisäpehmuste ei pääse painautumaan täysin kasaan. Tästä syystä koehenkilö saattaa mieltää pehmustetun suojan paremmaksi pienissä iskuissa.

Prototyyppien väliltä arvioitiin myös löytyvän eroavaisuuksia iskunvaimennuksessa. ST -prototyypin oletettiin suojaavan muita prototyyppejä heikommin ohuemman sisäpehmusteen johdosta. ST -prototyypin sitkeämmän sisäpehmustemateriaalin oletettiin kuitenkin parantavan iskunvaimennusta, jonka seurauksena suojaavuus ei olisi merkittävästi muita prototyyppejä heikompi. Decell B ja XT/Lite -prototyyppien välillä ei oletettu löytyvän merkittävää eroa, koska suojien sisäpehmusteet olivat saman paksuiset.

9 TUTKIMUSMENETELMÄT

9.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöt osallistuivat joko kokeellisiin iskutesteihin laboratoriossa tai käytettävyydestestaukseen. Kaikki koehenkilöt olivat täysin terveitä ja vapaaehtoisia osallistumaan tutkimukseen. Kokeellisessa osiossa keskityttiin pääosin iskumittauksiin ja siihen osallistuneet tutkittavat eivät tehneet käytettävyydestejiä.

Iskutesteihin rekrytoitiin 14 koehenkilöä, joilta ei vaadittu aikaisempaa jalkapallotaustaa. Koehenkilöiden mitattavan säären tuli olla täysin terve. Mittaustilanne ja tutkimuksen tarkoitus selvitettiin ennen mittausta suullisesti sekä kirjallisesti. Tämän jälkeen tutkittavat allekirjoittivat suostumuslomakkeen (Liite 9). Koehenkilöt tiesivät olevansa vakuutettuja ja vahvistivat tämän kirjallisesti. Iskutestissä koehenkilöt olivat 20–28-vuotiaita miehiä sekä naisia.

Käytettävyydestestaukseen rekrytoitiin 20 21–35-vuotiasta miestä pääosin Palloliiton Keski-Suomen piirin avustuksella. Kaikki Palloliiton kautta rekrytoidut 18 pelaajaa olivat aktiivisia jalkapallon pelaajia. Lisäksi kaksi satunnaisesti jalkapalloa pelaavaa koehenkilöä rekrytoitiin. Käytettävyydestestaukseen osallistuneet koehenkilöt täyttivät pelin jälkeen kyselylomakkeen (Liite 1).

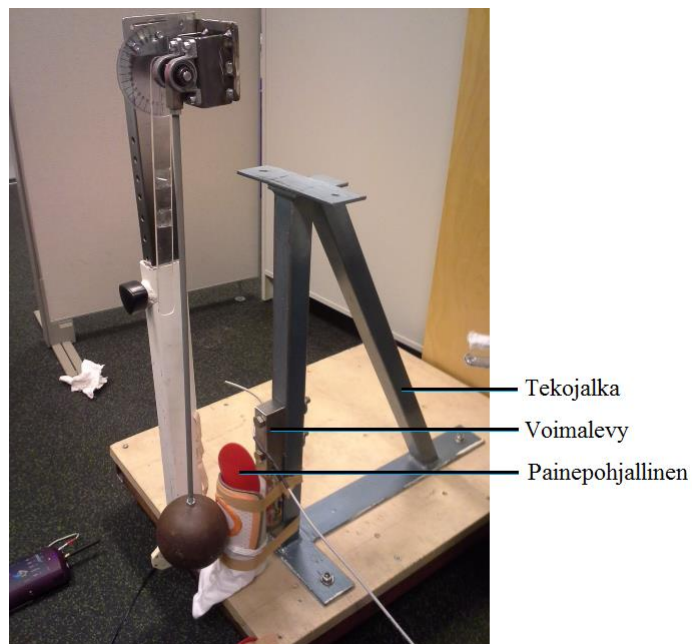
9.2 Laboratoriotutkimuksen kulku ja laitteisto

9.2.1 Iskujen testauslaitteisto

Iskumittaukset suoritettiin tutkimusta varten rakennetun heilurin avulla. Heiluri on laite, joka koostuu laakeroituun niveleen kiinnitettävästä varresta sekä varren päässä olevasta

kuulasta. Heilurin avulla luotiin pelitilanne, jossa vastustaja potkaisee pelaajaa sääreen. Kuula toimi toisen pelaajan jalkana joka osui potkun yhteydessä koehenkilön tai tekojalan säärisuojaan. Tekojalka ja koehenkilöiden jalat kiinnitettiin alustaan, koska vakavien, iskusta johtuvien vammojen todennäköisyys jalkapallossa on todettu kolme kertaa suuremmaksi tilanteissa, jossa jalka on maassa kuin ilmassa. (Giza ym. 2003). Lisäksi vapaana oleva sääri olisi lisännyt riskiä iskun kohdistumisesta väärään kohtaan säärtä. Iskut suoritettiin vapauttamalla heiluri valituista kulmakorkeuksista. Vapautuessaan heilurin kuula laskeutui painovoiman ja mekaniikan peruslakien vaikutuksesta aiheuttaen iskun säärisuojalle. Tästä syystä kulman kasvattaminen oli verrattavissa potkuvoiman kasvuun.

Tekojalalla suoritettavissa mittauksissa koehenkilön jalka korvattiin metallisella tukirakenteella (Kuva 10). Metalliseen tekojalkaan kiinnitetyn voimalevyn avulla oli mahdollista mitata heilurin kuulan aiheuttama iskuvoima eri pudotuskorkeuksista. Tekojalalla pystyttiin suorittamaan mittauksia myös voimilla, jotka eivät olisi olleet turvallisia koehenkilömittauksissa.



KUVA 10. Tekojalalla varustettu heiluri.

Koehenkilömittauksissa mitattava jalka tuettiin heilurin alustaan laskettelumonosta rakennetun tukikengän avulla. Paremman säädettävyyden johdosta mittaustuolia ei kiinnitetty alustaan. Alustan reunoille rakennettiin tukikaide varmistamaan, etteivät tuolin jalat tipu alustan ulkopuolelle mittauksen aikana. Iskun kohdistaminen säären keskiosaan mahdollistettiin korkeutta säädettävällä heilurin varrella.

Tutkimuksessa käytetty kiputaulukko (Liite 2) kehitettiin tutkimusta varten, koska normaalit kiputaulukot ylettyvät mittauksessa aiheutuvia kipuja huomattavasti korkeammalle. Tutkimukseen luotu kiputaulukko perustettiin ajatukselle kuinka paljon korkeammalta koehenkilö olisi vielä valmis testaamaan suojaa. Koehenkilöt valitsevat kivun tunteen 1–10:n väliltä. Iskuvoimakkuus 10:n tarkoitus oli olla sellainen kivun tunne mikä häiritsisi jalkapallopelissä, mutta ei vaikuttaisi vielä fyysisesti pelaamiseen, eikä aiheuttaisi iholle vauriota. Iskuvoimakkuus 10:n voidaan katsoa myös sellaiseksi voimakkuudeksi, missä koehenkilö ei olisi enää valmis testaamaan heiluria suuremmalla nivelkulmalla.

9.2.2 Tekojalkamittaukset

Tutkimus aloitettiin ilman koehenkilöitä tekojalan avulla. Kuulasta aiheutuvat iskuvoimat voimalevylle mitattiin aluksi ilman säärisuojia. Heilurin ensimmäinen pudotuskorkeus oli 5°, jonka jälkeen pudotuskorkeutta kasvatettiin tasaisesti 10°:n verran 105°:n asti. Heilurissa käytetyt kuulat painoivat 5,4 ja 2,6 kg.

Iskuvoimien selvittämisen jälkeen heilurin kuulan ja voimalevyn väliin asetettiin säärisuoja sekä painepohjallinen. Säärisuojan asettaminen tekojalalle nosti kuulan lepoasentoa noin 5° verran. Tämä tarkoitti, että kuula ei voinut levossa palautua takaisin alkuperäiseen 0° asentoon. Lepoasennon muutoksen seurauksena mittaukset aloitettiin 10° ja päätettiin 110°. Jokaisesta iskusta mitattiin voimalevyllä iskun voimakkuus sekä painepohjallisilla paineja-kauma. Mittaus suoritettiin jokaiselle säärisuojalle sekä 5,4 ja 2,6 kg kuulilla.

9.2.3 Alustavat koehenkilömittaukset

Koehenkilömittauksia varten mitattavat pudotuskulmat arvioitiin alustavalla mittauksella mies- ja naispuolisen koehenkilön avulla. Molemmat koehenkilöt testasivat kaikki viisi säärisuojaa. Jokaisen suojan kohdalla mittaus aloitettiin 20° kulmasta. Kulmaa lisättiin 10–20° jokaisen iskun jälkeen. Iskun jälkeen koehenkilöt arvioivat myös iskusta aiheutuvan kivun tuntemuksen kiputaulukon mukaisesti (Liite 2). 20° kulman lisäys suoritettiin, jos koehenkilö koki aikaisemman iskun hyvin alhaiseksi kiputaulukossa. Suojien välillä pidettiin noin kahden minuutin tauko, jotta säären alue ei turtuisi iskuille. Molemmat koehenkilöt lopettivat mittauksen jokaisen suojan kohdalla vasta kiputaulukon maksimiarvossa tai hyvin lähellä maksimiarvoa. Tekojalkamittauksessa 2,6 kg kuulalla aikaansaadut iskuvoimat osoittautuivat liian pieniksi koehenkilömittaukseen. Tämän johdosta mittaus suoritettiin jokaiselle säärisuojalle vain 5,4 kg kuulalla.

9.2.4 Koehenkilömittaukset

Varsinainen koehenkilömittaus suoritettiin 14 koehenkilölle. Mittaukset suoritettiin koehenkilöiden vasemmalle jalalle. Koehenkilöiden paljaan säären ympärille asetettiin painepohjallinen, jonka päälle säärisuoja kiinnitettiin. Säärisuoja ja painepohjallinen pidettiin paikalla Niken säärisuojien mukana tulleiden kiinnityssukkien avulla. Koehenkilöt istuivat mittauksen ajan tuolilla, joka säädettiin ennen mittausta niin, että sääri pysyisi pystysuorassa mittauksen ajan. Koehenkilöillä oli koko mittauksen ajan näkyvillä kiputaulukko (Liite 2), jonka avulla he pystyivät arvioimaan iskusta aiheutuvan kivun määrää. Jokaisen iskun jälkeen koehenkilölle annettiin noin minuutin verran aikaa miettiä mihin kohtaa isku sijoittui kiputaulukossa. Tämän jälkeen koehenkilöt saivat muutaman minuutin ajan palautua ennen seuraavaa iskua. Mittaus suoritettiin jokaiselle säärisuojalle 5,4 kg kuulalla 40° pudotuskulmasta. Koehenkilöt testasivat Mercurial Blade -säärisuojaa sekä Decell B - ja XT/Lite -prototyyppjä myös 60 ° pudotuskulmasta.

9.3 Käytettävyytestauksen kulku

Zero Pointin säärisuojia testattiin yhteensä 7 jalkapallopelein aikana. Ennen pelin alkua joukkueesta valittiin 2–3 vapaaehtoista pelaajaa testaamaan prototyyppiä. Jalkapallon pelaajat testasivat Zero Point -säärisuojan prototyyppiä yhden pelin ajan. Pelaajat saivat vapaasti valita suojien kiinnittämistavan. Pelin jälkeen pelaajat täyttivät säärisuojan toiminnallisen testin kyselylomakkeen, jossa kokemuksia säärisuojusta arvioitiin 0–10 väliltä. (Liite 1.) Pelaajat saivat lisäksi kirjoittaa vapaamuotoisesti kommentteja säärisuojiin liittyen.

9.4 Analysointilaitteistot ja -ohjelmistot

Tekojalalla suoritetuissa mittauksissa voimalevyn antama iskun voimakkuus taltioitiin Signal -ohjelmalla. Voimalevyn signaalia kerättiin 1000 Hz taajuudella, jotta iskusta aiheutuva voimapiikki tulisi mahdollisimman tarkasti esille. Voimalevyä ei käytetty koehenkilömittauksissa. Tekojalkaan sekä säären kohdistuvien iskujen painejakauman mittaukseen käytettiin Pedar–X painepohjallisia (Novel, Saksa). Pedar–X online -ohjelmistoa käytettiin painearvojen saamiseen sekä painealueen visualisointiin. Painepohjalliset ovat suunniteltu jalkapohjien paineen jakautumisen tutkimiseen. Tämän seurauksena pohjalliset toimivat maksimissaan 100 Hz taajuudella. Tutkimuksessa suoritettavat laskutoimitukset tehtiin Texas TI-89 laskimella ja tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS -ohjelmistolla.

9.5 Analysointi

Säärisuojuille tehtävät testit suoritetaan yleensä NOCSAE -standardin mukaisesti, jossa suojaan kohdistuva voima aikaansaadaan pudottamalla paino suojan päälle tietyltä korkeudelta (Nocsae 2015). Tutkimukseen valittiin kuitenkin mittausvälineeksi heiluri, koska se vastasi enemmän pelin aikana tapahtuvia tilanteita, jossa sääreen kohdistuva vaurio tapahtuu.

Aikaisempaa tutkimustietoa ei löydy siitä, kuinka suuri iskuvoima tibian tai fibulan murtumiseen vaaditaan. Polviluun murtuma on kuitenkin havaittu tapahtuman vasta noin 6,9 kN iskusta. (Atkinson ym. 1998.) Luiden murtumisraja on hyvin yksilökohtainen johon vaikuttaa iskuvoiman lisäksi henkilön sisäiset tekijät, kuten ikä, ruokavalio ja liikunnan määrä (Mustajoki 2015). Tämän seurauksena tekojalalla suoritettavissa mittauksissa ei voitu asettaa tarkkaa ylärajaa missä vaiheessa sääri murtuisi.

9.5.1 Tekoalalla suoritettavat mittaukset

Tekoalalla suoritettavissa mittauksissa tarkasteltiin ensiksi kuulasta voimalevylle aiheutuvaa iskuvoimaa 5–105° väliltä. Tämän jälkeen voimalevyn eteen asetettiin painepohjallinen ja säärisuoja. Säärisuoja absorboi sen läpi kulkevia voimia, jonka seurauksena voimalevylle siirtyneet iskut olivat pienempiä. Säärisuojien prosentuaalinen suojaavuus laskettiin vertaamalla samasta pudotuskulmasta suoritettua mittausta ilman säärisuojaa sekä säärisuojan kanssa.

Tekoalalla suoritettavat mittaukset mahdollistivat suojien tarkastelun ääriolosuhteissa. Voiman kasvaessa nähtiin kuinka suojien kyky absorboida iskuja muuttui eli kuinka suuri osuus voimasta läpäisi säärisuojan. Lisäksi painepohjallisen avulla voitiin selvittää kuinka iskusta aiheutuvan paineen jakautuminen säären alueelle muuttui voiman kasvaessa. Tekoalalla suoritettavissa mittauksissa voimalevy ei kyennyt ilmoittamaan 3,5 kN suurempaa iskuvoimaa. Tämä johtui todennäköisesti voimalevyn liian alhaisesta taajuudesta. Suuremmat kuin 3,5 kN voimat arvioitiin alhaisempien voimien avulla regressioanalyysiä käyttäen. Ääriolosuhteissa suoritettavissa mittauksissa keskityttiin ainoastaan iskuvoimiin 70–110° pudotuskulmien väliltä, koska koehenkilömittauksissa keskityttiin jo hyvin tarkasti säärisuojan toimivuuteen 40–60° kulmista.

Heilurin 5,4 kg kuulalla osa suojista osoittautui vaimentamaan iskuja erittäin huonosti jo alhaisissa pudotuskulmissa. Tämän seurauksena suojia testattiin myös 2,6 kg kuulalla, mikä

mahdollisesti pienempien iskuvoimien tarkemman tarkastelun. Mittauksissa 2,6 kg kuulalla keskityttiin tuloksissa ainoastaan iskuvoimiin, jotka suoritettiin 20–50° väliltä. Kymmenen asteen korkeudelta suoritettu pudotus tuotti niin merkityksettömän voiman, ettei sen tarkastelua todettu hyödylliseksi. Yli 50° kulmasta suoritettavat mittaukset aiheuttivat jo suurempaa voimaa kuin 5,4 kg kuulalla suoritettavat koehenkilömittaukset 40° kulmasta.

9.5.2 Alustavat koehenkilömittaukset

Tekojalalla suoritetuissa iskutesteissä havaittiin, että iskun absorptiokyky vaihteli mitattavien suojien välillä merkittävästi. Erot suojien välillä vaikuttaisivat koehenkilöiden koetun kivun määrään sekä nostaisivat riskiä säärivammoille. Tämän johdosta alustava koehenkilömittaus suoritettiin kahdelle koehenkilölle.

Alustavissa koehenkilömittauksissa havaittiin, että kaikki suojat pystyivät helposti suojaamaan heilurin 20° kulman aiheuttamaa iskua 5,4 kilogramman kuulalla. Tämän seurauksena iskun voimakkuus 20° kulmasta sekä mittaukset 2,6 kg kuulalla ei todettu hyödylliseksi suorittaa varsinaisessa koehenkilömittauksessa (Liite 10). Heikommin suojaavat säärisuojat alkoivat aiheuttaa suurta kipua jo 40° pudotuskulmassa. Iskun voima aiheutti kipua, mutta ei jättänyt vielä ruhjeita iholle. Tämän seurauksena kyseisillä suojilla ei ollut turvallista suorittaa iskuja yli 40° kulmasta. Myös muut suojat Mercurial Blade -suoja lukuun ottamatta alkoivat aiheuttaa suurta kipua 70° kulmassa. Mercurial Blade -mallissa suurelta kivulta vältyttiin vielä 80° kulmassa. Parhaiten suojaavissa malleissa koehenkilöiden kivun tunteukset vaihtelivat hyvin paljon 70° kulmassa. Tästä syystä 60° kulmaa suuremmat voimat olivat liian riskialttiita koehenkilömittauksiin.

Alustavien koehenkilömittauksien pohjalta varsinaiseen koehenkilömittaukseen mitattaviksi pudotuskulmiksi valittiin 40° ja 60°. Heikommin suojaavat säärisuojat mitattiin ainoastaan 40° pudotuskulmasta.

9.5.3 Koehenkilömittaukset

Säärisuojat pyrittiin testaamaan sellaisessa järjestyksessä, josta koehenkilöt pystyisivät antamaan tarkimmat mahdolliset arviot. Suojien järjestäminen tekojalalla saatujen tulosten perusteella suojaavimmasta vähiten suojaavaan säärisuojaan voisi pienentää jalan turtumista kivulle. Tämä järjestys olisi ongelmallinen, koska koehenkilöiden saattaisi olla vaikea määrittellä parhaiten suojaavien suojien kivun tuntemus 1–10 väliltä, jos he eivät ole vielä kokeneet yhtäkään iskua mikä on lähellä maksimikipurajaa. Tästä syystä mittaus päätettiin aloittaa Mercurial Flylite -suojalla, koska alustavassa koehenkilömittauksessa jo 40° kulmasta koehenkilöt kokivat kipua, mikä oli kohtalaisen lähellä maksimikipurajaa (Liite 10). Tämän jälkeen koehenkilöt testasivat Mercurial Blade -suojaa, koska sen suojaavuus oli todettu erinomaiseksi. Decell B ja XT/Lite -prototyypit ovat ulkonäöltään hyvin samanlaiset. Tämän seurauksena suojat testattiin peräkkäin, jotta mahdolliset erot tulisivat selvemmin esille. ST -prototyyppi oli osoittautunut alustavissa koehenkilömittauksissa huomattavasti muita suojia heikommaksi minkä johdosta iskun odotettiin aiheuttavan suurinta mittauksen aikana tapahtuvaa kipua. Tästä syystä ST -prototyyppi testattiin viimeiseksi.

Mittauksen aikana koehenkilö SG koki huomattavasti muita koehenkilöitä korkeampia kivun tuntemuksia, jotka ovat nähtävissä liitteessä 8. Mittauksessa havaittiin, että kyseinen koehenkilö ei ollut täysin parantunut urheiluvammasta ja tämä aiheutti huomattavasti korkeampia kivun tuntemuksia. Vamman johdosta tämän koehenkilön tuloksia ei voitu pitää luotettavina, jonka seurauksena tuloksia tarkasteltiin ainoastaan 13 koehenkilöltä.

9.5.4 Käytettävyydestaukset

Zero Point -prototyyppien käytettävyydestaukseen rekrytoitiin pelaajia, joilla oli mahdollisimman paljon kokemusta säärisuojien käytöstä. Palloliiton Keski-Suomen piirin mukaan ammattipelaajat käyttävät peleissä mieluummin omia suojia ja saattavat olla sponsoreiden kautta sitoutuneita tiettyihin säärisuojiiin. Tämän vuoksi tutkimukseen rekrytoitiin harras-

tusmielessä aktiivisesti jalkapalloa pelaavia koehenkilöitä. Palloliiton järjestämien käytettävyydestien lisäksi kaksi pelaajaa olivat kiinnostuneita testaamaan prototyyppettä pelin aikana. Kyseiset pelaajat pelasivat jalkapalloa satunnaisesti, mutta käyttivät silti säärisuojia pelin aikana.

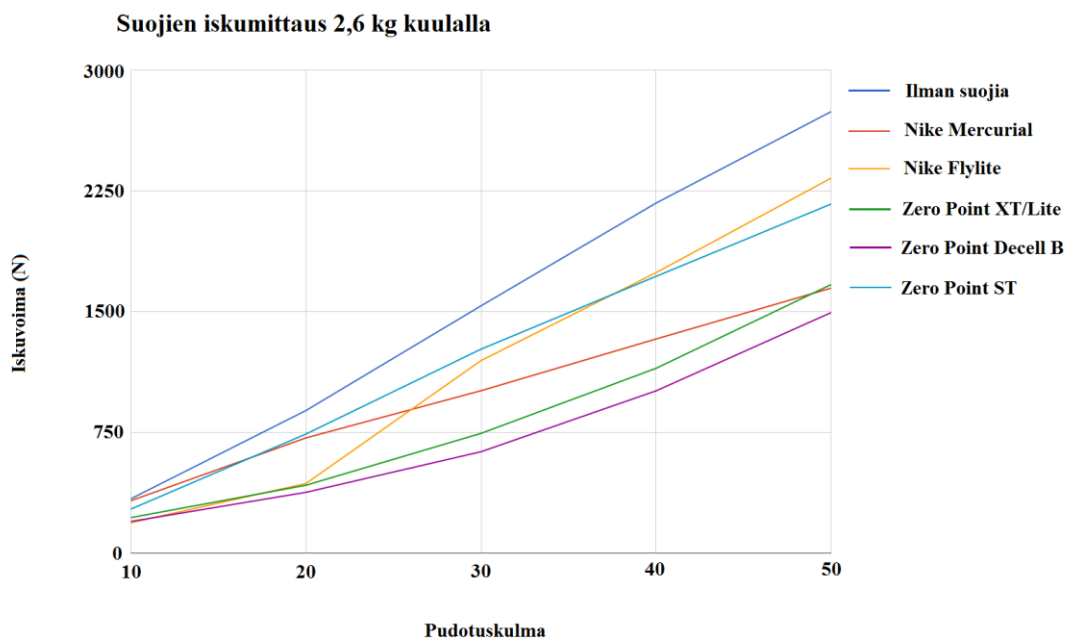
10 TULOKSET

Tuloksissa käsitellään aluksi kaikkien laboratoriotutkimuksessa mitattujen säärisuojien iskunvaimennuskykyjä. Kyseiset tulokset käsittelevät kuinka hyvin säärisuojat absorboivat erikokoisia iskuvoimia ja kuinka tämä ilmenee koehenkilöiden kivun tuntemuksena. Lopuksi tuloksissa arvioidaan kuinka Zero Pointin prototyypin käytettävyys eroaa kilpailevista säärisuojamerkeistä.

10.1 Iskumittaukset tekojalalla

10.1.1 Suojaavuus alhaisissa iskuvoimissa

Noin 300–2700 N voimalla suoritetuissa iskutesteissä Decell B-prototyypin kyky vaimentaa iskuja oli kaikkia muita suoja suurempi ($p < 0,01$). Paras iskunvaimennus suojalla tapahtui 30° pudotuskulmasta, jolloin suoja vaimensi 59 % noin 1500 N iskusta. Saman paksuinen XT/Lite -prototyyppi suoja iskuilta hieman Decell B -prototyyppiä heikommin. Suurin ero prototyyppien välillä mitattiin 30° pudotuskulmasta, jossa XT/Lite -mallin suojaavuus oli 7,4 prosenttiyksikköä Decell B -mallia heikompi ($p < 0,02$). Paras suojaavuus XT/Lite -mallissa tapahtui 20° pudotuskulmassa, jossa lähes 900 N iskusta prototyyppi vaimensi 52,4 %. Myös Mercurial Flylite -suojan suojaus oli parhaimmillaan (51,2 %) 20° pudotuskulmassa. Mercurial Flyliten suojaavuus todettiin kuitenkin romahtavan täysin jo 20° pudotuskulman jälkeen (Kuva 11). Mercurial Flyliten iskunvaimennus laski 20°–30° pudotuskulman välillä jopa 29,1 prosenttiyksikköä. Paksummalla pehmusteella varustetut prototyypit vaimensivat iskuja parhaiten pienimmissä mitatuissa iskuissa. Iskun voimakkuuden kasvaessa kyseisten suojien suojaavuudet alkoivat tasaisesti laskea.

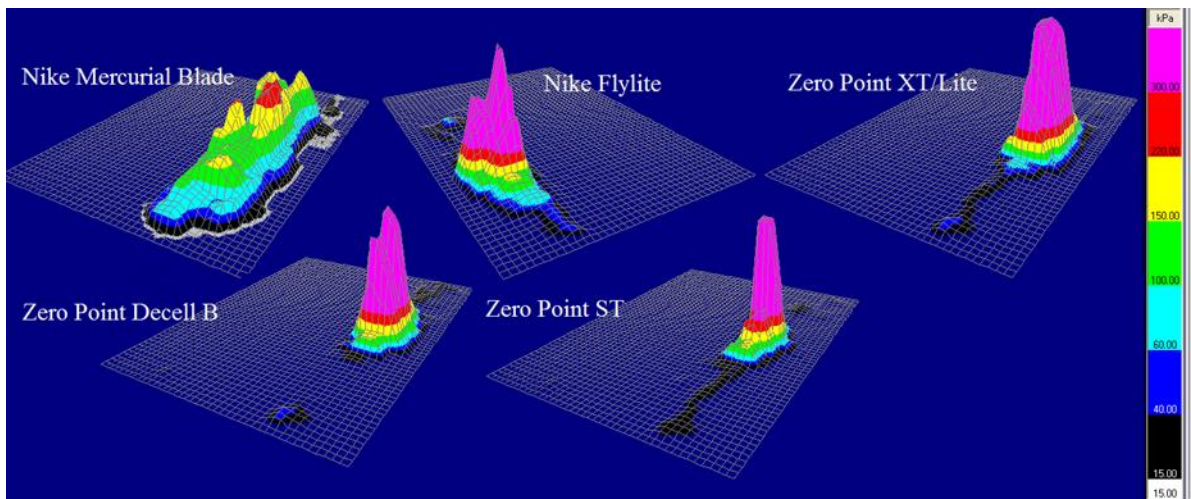


KUVA 11. Sääreen kohdistuvan iskuvoiman vaihtelu eri suojien välillä heilurin pudotuskulman kasvaessa 2,6 kg kuulalla.

Kovat suojat käyttäytyivät pienissä iskuissa päinvastaisesti. Mercurial Blade -mallin suojaavuus kasvoi tasaisesti voiman kasvaessa. Kyseisen mallin iskun vaimennus oli muita suojia parempi (40 %) vasta 50° pudotuskulmassa. Mercurial Blade -mallin suojaavuus kasvoi 20,7 prosenttiyksikköä 300–2700 N välillä. Myös ST -prototyyppi suojaavuus parantui iskuvoiman kasvaessa. Kasvua tapahtui vain 4,2 prosenttiyksikköä ja prototyyppi pystyi parhaimmillaan vaimentamaan 20,9 % iskuvoimasta. ST -malli kykeni jäykän materiaalin johdosta vaimentamaan suurempia 40°–50° pudotuskulman iskuja paremmin kuin Mercurial Flylite, mutta ero suojien välillä ei ollut merkittävä ($p < 0,5$). ST -prototyypin suojaavuus voitiin todeta heikoimmaksi muihin suojiin verrattuna ($p < 0,01$). Painejakaumakartat ja absorptioprocentit iskutestissä kaikkien suojien osalta löytyvät liitteessä 4.

Voimalevyn avulla laskettava iskun suojaavuus ei yksin kerro kuinka suurena koehenkilö kokisi kivun. Kuva 12 havainnoi kuinka suuri ero painejakaumien välillä voi olla, vaikka iskuvoimakkuus pysyi samana. Mercurial Blade -suojaissa iskuvoima jakautui suuremmalle

alueelle kuin muilla suojilla. Voiman jakautuminen ilmeni painepohjallisessa isona alueena, mikä koostui mahdollisimman pienistä paine-arvoista. Toisin kuin Mercurial Blade, ST -prototyyppi ei kyennyt jakamaan voimaa suuremmalle alueelle. Tämän seurauksena voima keskittyi pienelle alueelle ja alueella oli havaittavissa suurempi paine. Jos painejakaumassa havaittiin kohtia, jotka saavuttavat 300 kPa, alkoi koehenkilö yleensä tuntea kipua säären alueella (Liite 7). Alueen laajuus sekä paineen suuruus vaikuttivat kivun tuntemisen määrään.



KUVA 12. Säärisuojien painejakauman eroavaisuudet 70° pudotuskulmasta 2,6 kg kuulalla (ST -prototyyppi on mitattu 60° pudotuskulmasta).

Iskutesteissä havaittiin, että Mercurial Blade -mallissa paine jakautui hyvin laajalle alueelle. Merkkejä suuremmasta painepiikistä alkoi ilmetä vasta 2700 N iskuissa. Pehmeän rakenteen seurauksena muissa suojissa alkoi ilmetä painepiikkiä jo 30° pudotuskulmassa. ST -prototyypissä painepiikki oli huomattavasti suurin. Tarkemmat muutokset paineen jakautumisessa suojien välillä löytyvät liitteessä 4.

10.1.2 Suojaavuus ääriolosuhteissa

Noin 4500–8700 N voimalla suoritetuissa iskutesteissä Mercurial Blade -mallin kyky vaimentaa iskuja oli kaikkia muita suoja merkittävästi suurempi ($p < 0,01$). Mercurial Blade -malli oli ainut tutkittava säärisuoja, joka pystyttiin testaamaan 110° pudotuskulmaan asti painepohjallisten avulla. Suoja vaimensi parhaiten iskuja (28,3 %) 60° pudotuskulmassa mikä oli pienin ääriolosuhteissa tarkasteltava iskuvoima. Mercurial Blade -mallin suojaavuus laski ainoastaan 1,6 prosenttiyksikköä 60° – 110° pudotuskulman välillä. 90° – 110° pudotuskulman välillä iskut aiheuttivat kuitenkin jo huomattavan painepiikin säärisuojan alueelle. Painepiikin koosta oli pääteltävissä, että isku aiheuttaisi jo suurta kipua pelaajalle.

TAULUKKO 2. Sääreen kohdistuvan iskuvoima (N) 5,4 kg kuulalla. Yli 3500 N arvot arvioitu lineaarista regressiota käyttäen.

Kulma	Ilman suojaa	Blade	Flylite	XT/Lite	Decell B	ST
10°	428	334	213,4	275,8	281,8	449,2
20°	1131,3	835,6	604,3	756,9	654,3	1116,4
30°	2098,3	1194,1	1506	1331,5	1153	1907,9
40°	2869,3	1662,2	2525,4	2116,6	2019,6	2750,5
50°	3704,5	2575,3	3433,4	2995,1	3075,8	3246,7
60°	4533,5	3557,6	4164,8	3589,2	3626,2	4061,9
70°	5362,6	3873,7	5000,9	4250,9	4287,1	4785,8
80°	6191,7	4496,7	5837,1	4938,5	4997,2	5508,7
90°	7020,8	5119,7	6673,2	5626,1	5707,3	6231,6
100°	7850	5742,7	7509,3	6313,7	6417,4	6954,5
110°	8679	6365,7	8345,4	7001,3	7127,5	7677,4

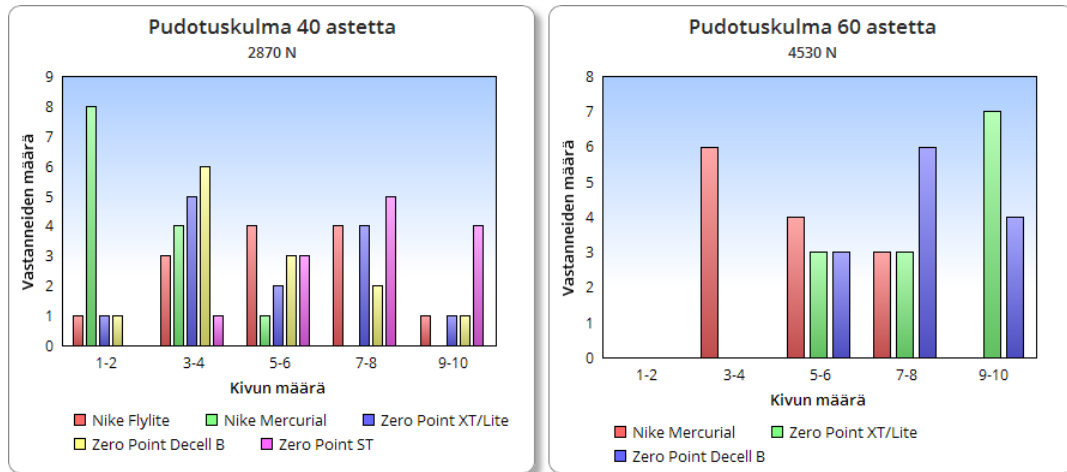
Ääriolosuhteissa Decell B- ja XT/Lite -prototyypit eivät osoittaneet tilastollisesti eroa suojaavuudessa ($p=1$). Parhaimmillaan molemmat prototyypit vaimensivat iskua (noin 21 %) 60° pudotuskulmassa. Molemmat prototyypeistä aiheuttivat kuitenkin erittäin suuren painepiikin jo 60° – 70° pudotuskulmissa. Myös Mercurial Flylite -mallin painepiikki oli erittäin suuri jo 70° pudotuskulmassa. Decell B- ja XT/Lite -prototyyppien suojaavuus osoittautui ääriolosuhteissa Mercurial Flylite -mallia paremmaksi ($p < 0,01$). ST -mallissa suojaavuus oli

niin heikko, että mittaus lopetettiin 60° pudotuskulmaan. Painejakaumakartat ja absorptio-prosentit iskutestissä kaikkien suojien osalta löytyvät liitteessä 5. Sääreän kohdistuneet iskuvoimat kaikkien suojien osalta näkyvät taulukossa 2.

10.2 Iskumittaukset koehenkilöillä

Koehenkilöille suoritetuissa iskutesteissä Mercurial Blade -säärisuojan käyttö aiheutti kaikkia muita suojia merkittävästi pienemmän kivun tunteen ($p < 0,01$) 40° sekä 60° pudotuskulmissa. Tulos oli odotettavissa, koska kyseisen suojan suojaavuus oli vastaavissa pudotuskulmissa 42,1 % ja 28,3 % mitkä olivat huomattavasti paremmat kuin muilla testattavilla säärisuojilla. Tarkemmat tiedot testattavien suojien suojaavuudesta ja painejakaumasta 40° ja 60° pudotuskulmista koehenkilöillä löytyvät liitteestä 6. Mercurial Blade -säärisuojalla 40° pudotuskulmassa koehenkilöiden koetun kivun keskiarvo oli 2,2 arviointiasteikolta 1–10 väliltä. Koetun kivun keskiarvo oli yli puolet matalampi muihin testattaviin säärisuojiin verrattuna. Noin 62 % koehenkilöistä arvioi kivun määräksi kipuasteikossa 1–2 välille ja noin 31 % arvioi kivun 3–4 välille (Kuva 13). Kipuasteikolla kaikki alle 5:n ovat luokiteltu epämiellyttäväiksi tunteiksi. Varsinaista lievää kipua kipuasteikon 5–6 väliltä koki ainoastaan 7 % koehenkilöistä. Tarkemmat tiedot koehenkilöiden koetun kivun arvoista löytyvät liitteestä 8.

Toiseksi parhaan suojauksen antoi Decell B -prototyyppi. Suojan materiaali osoittautui paremmaksi kuin saman paksuinen XT/Lite -materiaali myös koehenkilömittauksissa. Eroa prototyyppien välillä koetun kivun tunteessa oli kuitenkin vain 5,7 % 40° pudotuskulmassa. Tarkempi Decell B- ja XT/Lite -prototyyppien kivun kokemusten jakautuminen on nähtävissä kuvassa 13.



KUVA 13. Koehenkilöiden kivun tuntemusten jakautuminen 2870 ja 4530 N iskuista.

Mercurial Flylite -säärisuoja vaimensi iskuja odotetusti. Prototyypin suojaus petti jo hyvin pienistä voimista 2,6 kg kuulalla suoritetuissa mittauksissa. Mitattu suojaavuus 5,4 kg kuulalla 40° pudotuskulmassa oli prototyypillä ainoastaan 12 %. Tämän seurauksena oli odotettavissa, että koehenkilöt kokisivat suurempaa kipua Mercurial Flylite -suojalla, kuin Mercurial Blade sekä XT/Lite- ja Decell B -prototyypeillä. 69 % koehenkilöistä koki kyseisellä suojalla kivun olevan kipuasteikolla 5 tai enemmän. Koetun kivun keskiarvo oli 5,6, mikä oli suurempi muilla suojilla 40° pudotuskulmasta (Liite 8). Mercurial Flylite -suojalla tilastollisesti merkittävä ero kivun tunteessa oli kuitenkin vain Mercurial Blade- suojan kanssa ($p < 0,01$).

Selkeästi heikoin suojaavuus oli ST -prototyypillä. Suojaavuus iskutesteissä 40° pudotuskulmassa oli ainoastaan 4,1 %. Koehenkilöiden koetun kivun keskiarvo oli 7,2 ja 92 % vastanneista koki kivun olevan kipuasteikolla 5 tai enemmän. Jopa 31 % vastanneista koki kivun 9–10 väliltä (Liite 8). Koehenkilöiden kokemusten ja tekojalalla suoritettujen iskumittausten perusteella oli mahdollista arvioida, että ST -malli todennäköisesti ei läpäisisi NOCSAE -standardia.

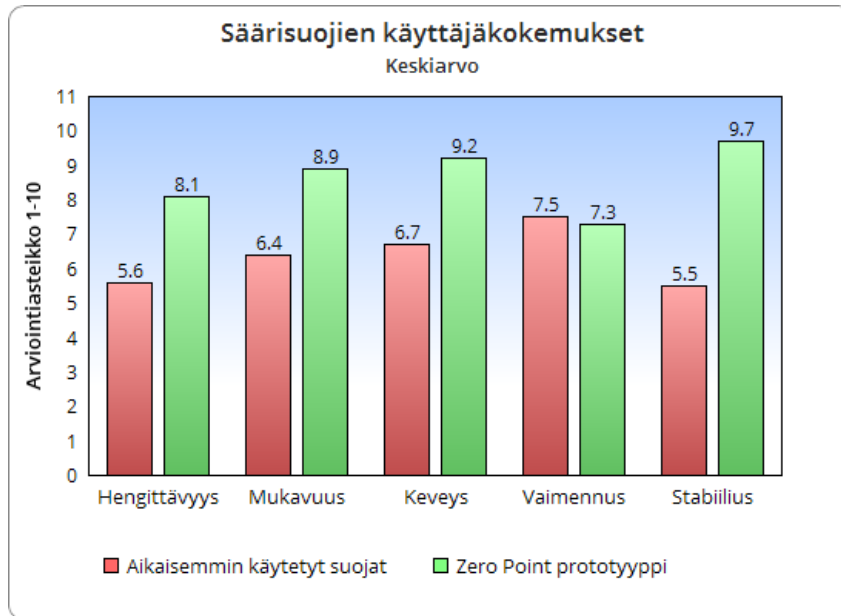
Myös 60° pudotuskulmasta Mercurial Blade -säärisuoja suojasi huomattavasti muita suojia paremmin ($p < 0,01$). Koehenkilöiden koetun kivun keskiarvo oli 4,9 ja 46 % koki edelleen

iskun alle 5 kipuasteikolla. Vastaavasti XT/Lite- ja Decell B -prototyypeistä ei yksikään koehenkilö kokenut iskua alle 5:n. Kyseisistä prototyypeistä koehenkilöt kokivat Decell B -prototyypin hieman (2,5 %) paremmin suojaavaksi myös 60° pudotuskulmassa ($p=0,9$). Tarkempi kivun kokemusten jakautuminen on nähtävissä kuvassa 13.

10.3 Zero Point -suojiin käyttäjäkokemukset

Tutkimukseen osallistuneet pelaajat kokivat yleisesti säärisuojien käytön erittäin hyödylliseksi. Suojilta vaadittavat ominaisuudet vaihtelivat kuitenkin pelaajien välillä. Yli puolet pelaajista toivoi suojan olevan mukavan tuntuinen ja hyvin sääreen istuva. Pelaajista 25 % haluaisi suojan olevan pieni sekä mahdollisimman halpa. Halpa hinta mainittiin pitkään pelanneiden sekä lyhyemmän ajan pelanneiden keskuudessa. Pelaajista 15 % mainitsi, että suojan on oltava kevyt ja hengittävä. Myös mielipiteitä materiaalin suhteen oli havaittavissa. Pelaajista 5 % toivoi sääreen muotoutuvaa suojaa, kun taas 10 % toivoi suojan olevan täysin kova ja taipumaton.

Tutkimuksen kannalta tärkein osuus kyselylomakkeesta oli pelaajien kokemukset Zero Point -prototyypeistä verrattuna aikaisemmin käytettyihin säärisuojiin. Kuvassa 14 esitetään pelaajien antamien arvioiden keskiarvoa suojan hengittävydestä, mukavuudesta, keveydestä, iskun vaimennuksesta sekä stabiilisudesta eli paikallaan pysyvyydestä.



KUVA 14. Pelaajien käyttäjäkokemukset arviointiasteikolla 1–10.

Pelaajat arvioivat merkitsevästi omia suojia paremmaksi Zero Point -prototyypin hengittävyiden ($p < 0,01$), mukavuuden ($p < 0,01$), keveyden ($p < 0,01$) ja paikallaan pysyvyyden ($p < 0,01$) puolesta. Prototyypin iskunvaimennuksessa pelaajat eivät havainneet merkittäviä eroavaisuuksia omiin suojiin verrattuna ($p = 0,8$). Palloliiton mukaan pelaajat eivät kokeneet sääreen kohdistuneita iskuja pelien aikana, joten iskun vaimennus perustui suojan ulkonäön ja materiaalin arviointiin.

Suurin ero prototyypin ja pelaajien omien suojien välillä oli paikallaan pysyvyys. Pelaajista 65 % kiinnittivät omat säärisuojansa teipin avulla ennen pelin alkua. Prototyyppien testauksessa koehenkilöistä vain 10 % käytti teippiä suojan varmentamiseen. Prototyypin kiinnitys toimi kompressiosukan avulla. Osa pelaajista testasi prototyyppiä, jossa kompressiosukka oli erillään suojasta ja toinen osa testasi prototyyppiä, jossa sukka oli kiinnitetty suojaan. Yksikään pelaaja ei tarvinnut teippiä prototyyppissä, jossa sukka oli suojaan kiinnitettyä.

11 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka Zero Pointin valmistamat säärisuoja prototyypit toimivat jalkapallossa. Säärisuojan toimivuus jakautuu vammoilta suojaamiseen sekä käyttömukavuuteen. Jotta kyseisiä tekijöitä oli mahdollista tarkastella monipuolisesti, oli tutkimukseen hankittava kilpailevia säärisuojamalleja vertailukohteeksi. Zero Pointin tähän tutkimukseen lahjoittamista kilpailevien valmistajien säärisuojista tutkimukseen valittiin Mercurial Blade ja Mercurial Flylite, koska niiden materiaali sekä toteutus poikkesivat hyvin paljon toisistaan. Mercurial Blade -mallin suojaus perustui ulkopinnan kovuuteen, kun taas Mercurial Flylite -mallin suojauksessa keskityttiin pehmeään sisäpintaan. Niken säärisuojamallit olivat vertailukohteina ainoastaan vammoilta suojaamiseen liittyvissä laboriotutkimuksissa. Käyttömukavuuteen liittyvät tutkimukset suoritettiin jalkapallopelien aikana, joissa vertailtaviksi säärisuojiksi valittiin suojat, joita pelaajat normaalisti käyttivät pelien aikana. Tämän pohjalta saatiin tietoa kuinka pelaajat kokivat Zero Point -prototyypin heidän omaan hyväksi koettuun suojaan verrattuna.

11.1 Tulokset

Mercurial Blade -säärisuoja käyttäytyi tutkimuksessa hypoteesin mukaisesti. Kova ulko-kuori kykeni levittävään suuresta iskuvoimista aiheutuvan paineen laajalle alueelle (Kuva 12), jonka seurauksena koehenkilöt kokivat pienemmän kivun tunteen muihin suojiin verrattuna (Kuva 13). Hypoteesin mukaisesti mitä pienemmälle alueelle painepiikki keskittyi, sitä suurempana koehenkilöt kokivat kivun tunteen. Pienissä iskuvoimissa kaikki suojat eivät toimineet täysin hypoteesin mukaisesti. Mercurial Flylite -säärisuojassa imukupeista muodostuvan muovisen verkkorakenteen oletettiin absorboivan pieniä iskuja paremmin kuin kovalla pinnalla varustettu Mercurial Blade. Kyseisessä suojassa kontakti imukuppirakenteen läpi sääreen tapahtui kuitenkin huomattavasti odotettua alhaisemmasta iskuvoimasta. Myös ST -prototyypin suojaavuus havaittiin olevan huomattavasti oletettua heikompi. Decell B ja XT/Lite -prototyypit eivät myöskään käyttäytyneet täysin hypoteesin mukaisesti.

Saman paksuisen sisäpehmusteen johdosta prototyyppien välillä ei oletettu havaittavan merkittävää eroa iskunvaimennuksessa. Alhaisissa iskuvoimissa prototyyppien välillä mitattiin kuitenkin tilastollisesti merkittävä ero suojaavuudessa. Iskuvoiman kasvaessa merkittävää eroa prototyyppien välillä ei ollut enää havaittavissa iskunvaimennuksessa ja koehenkilöiden kivun tuntemuksissa.

Mercurial Blade -säärisuoja koettiin merkitsevästi muita malleja suojaavammaksi. Kova ja taipumaton ulkokuori rajoitti kuitenkin suojan istuvuutta huomattavasti. Tutkimuksessa havaittiin, että iskuvoima jakautui pelkän tibian ympärille, jos suojan sisäpinta ei mukailut säären muotoa. Tämä aiheutti koehenkilöille suuremman kivun tunteen. Vaikka istuvuus sisältää selviä haasteita, oli Mercurial Blade -säärisuoja tutkimuksessa ainoa suoja, mikä kykenisi estämään jopa säären murtumia suurissa iskuvoimissa.

Mercurial Flylite -säärisuojalla 2,6 kg kuulalla suoritetuissa alhaisissa iskuvoimissa havaittiin, että säärisuojan suojaavuus romahti yli 433 N voimasta (Kuva 11). Suojaavuuden romahtamisen syy johtui siitä, että yli 433 N iskuissa imukuppirakenne ei ollut tarpeeksi vankka pysäyttämään iskua, jolloin kontakti tekojalkaan tapahtui. Kovan ulkokuoren puuttumisen seurauksena Mercurial Flylite -suojassa ei ollut kontaktin tapahtuessa mitään millä suojata säärivammoilta. Pehmeän rakenteen johdosta Mercurial Flylite -suojan kyky jakaa iskuvoima laajemmalle alueelle oli lähes olematon. Tämä oli hyvin nähtävissä iskumittauksissa ääriolosuhteissa, jossa Mercurial Flylite -malli vaimensi 70° pudotuskulmassa ainoastaan 6,7 % (Liite 3). Mercurial Flylite -mallista olisi mahdollista kehittää paremmin suojaava versio, jos muovinen verkkorakenne valmistettaisiin jäykemmästä materiaalista ja suojaan lisättäisiin kova ulkopinta.

Decell B- ja XT/Lite -prototyyppien ainoa ulkonäöllinen ero oli XT/Lite -mallin tummempi sisäpinta. Decell B -malli osoittautui kuitenkin XT/Lite -mallia suojaavammaksi jokaisessa mittauksen osa-alueessa. Decell B -prototyyppi osoittautui kaikista testattavista säärisuojista parhaiten suojaavaksi alhaisissa iskuvoimissa. Tämä oli ainoa mittaus missä Decell B -prototyyppi vaimensi iskua merkitsevästi XT/Lite -prototyyppiä paremmin. Iskuvoiman

kasvaessa Decell B -ja XT/Lite -mallien suojaavuus laski huomattavasti, koska prototyypin erittäin ohut muovinen ulkopinta ei kyennyt jakamaan iskuvoimaa Mercurial Blade -säärisuojan tavoin. Iskusta aiheutuva paineppiikki puristi sisäpehmustemateriaalin kasaan, jonka seurauksena iskuvoima siirtyi säären alueelle. Tämän johdosta erot iskunvaimennuksessa kyseisten prototyyppien välillä katosivat suuremmilla iskuvoimilla ($p=1$). Franciscon ym. (1998) tutkimuksessa todettiin, että säärisuojan kyky jakaa iskuvoima laajemmalle alueelle parantuisi, jos kova ulkopinta tehtäisiin paksummaksi tai valmistettaisiin hiilikuidusta. Hiilikuitupinta ei olisi hyvä ratkaisu Zero Pointin suojiin, koska suoja muuttuisi täysin taipumattomaksi ja tämä laskisi suojan käyttömukavuutta. Suojan ulkokuorelle tulisi valita materiaali mikä pystyisi taipumaan vaikka kuoren paksuutta lisättäisiin.

ST -prototyyppi osoittautui tutkituista säärisuojusta keskimäärin heikoimmin suojaavaksi tekojalalla sekä koehenkilöillä suoritetuissa mittauksissa. Jo alhaisissa iskuvoimissa oli nähtävissä, että ST -materiaali ei kyennyt vaimentamaan iskua muiden prototyyppien tavoin (Kuva 11). Suojan sisäpehmusteen osallistumisessa iskun vaimennukseen vaikutti materiaalin lisäksi myös pehmusteen paksuus. Mitä paksumpi pehmuste, sitä parempi vaimennus suojalla oli. Tämän johdosta on todennäköistä, että ST -materiaali oli liian ohut pystyäkseen vaimentamaan iskuja. ST -materiaalin paksuntaminen tekisi säärisuojasta erittäin jäykän, mikä taas saattaisi tehdä suojasta epämukavamman käyttää.

Zero Point -säärisuojiin suunnittelussa pääpaino oli asetettu suojan istuvuuteen, hengittävyyteen ja paikallaan pysymiseen. Tämä tuli selvästi esille pelaajien käyttäjäkokemuksista. Kyselylomakkeissa jokainen pelaaja ilmoitti Zero Point -prototyyppien olevan paremmat kuin heidän omat pelissä käytetyt säärisuojat. Tämän perusteella prototyyppien toteutus oli ollut erinomainen ja suojat tulevat erottumaan käyttömukavuuden kannalta kilpailevista säärisuojamerkeistä. On kuitenkin huomioitava, että prototyypeissä on edelleen kehittämisen varaa. Säärisuojamalleista Decell B -materiaali tulisi valita jatkosuunnitteluun parhaan iskunvaimennuskyvyn puolesta. Iskujen vaimennus tulisi kuitenkin tapahtua päätoimisesti suojan ulkopinnalta. Prototyyppien ulkopinta muodostuu hyvin ohuesta muovilevystä, jonka kyky vaimentaa iskua on lähes olematon. Tämän johdosta suojalle olisi tärkeää kehittää

ulkokuori, joka olisi kykenevä jakamaan iskuvoiman laajemmalle alueelle ja mukautumaan edelleen jalan muodolle.

11.2 Haasteet

Tutkimus sisälsi tutkimuslaitteistoon kohdistuvia haasteita. Iskumittauksissa käytetyt laitteistot heiluria lukuun ottamatta ovat suunniteltu alun perin eri tarkoitukseen, jonka johdosta tuloksiin suhtauduttiin varautuneesti.

Säärisuojien suojaavuuden tutkiminen toteutettiin heilurin avulla, koska se vastasi parhaiten pelitilannetta, jossa vastustaja potkaisee pelaajaa säären alueelle. Mittaukset jakautuivat tekojalalla suoritettaviin mittauksiin sekä koehenkilömittauksiin. Tekojalalla suoritettavat mittaukset mahdollistivat voimalevyn käytön. Voimalevyn avulla mitattiin iskuvoimat ja säärisuojien iskunvaimennukset eri pudotuskorkeuksista. Kyseistä tietoa käytettiin suoraan koehenkilömittauksissa, joissa iskut suoritettiin samoilta pudotuskorkeuksilta. Heilurin pudotuskorkeuden vaihtelut koehenkilöiden ja tekojalan välillä pyrittiin minimoimaan heiluriin rakennetun kulmamitan avulla.

Kaikissa mittauksissa oli käytössä Pedar–X painepohjallinen, joka ilmoitti painejakauman. Painepiikki ei saanut tutkimuksissa ylittää 1000 kPa laitteen vaurioitumisen välttämiseksi. Tämän seurauksena mittaukset ääriolosuhteissa oli suoritettu maksimipudotuskulmaan asti vain Mercurial Blade -säärisuojalla (Liite 5). Pedar–X laitteisto toimi ainoastaan 100 Hz taajuudella. Tämän seurauksena painealueesta laskettava voima oli alhaisempi kuin voimalevyn ilmoittama voima. Tämän johdosta tutkimuksen tuloksissa keskityttiin tarkkojen painearvojen sijasta painealueen muotoon ja muodon vaikutukseen kivun tunteessa. Tutkimuksen arvot perustuivat voimalevystä saatuihin arvoihin sekä koehenkilöiden kivun tuntemuksiin.

Tutkimuksessa käytetyt mittalaitteiden tulokset sisälsivät mittausvirhettä. Tekojalalla suoritetuissa mittauksissa käytetty voimalevy toimi 1000 Hz taajuudella. Laite alkoi kuitenkin vääristää iskuvoimia, jotka ylittivät 3500 N. Tämän seurauksena ääriolosuhteiden arvot oli arvioitava lineaarisen regressioanalyysin avulla käyttäen alle 3500 N iskuvoimia. Tämän johdosta yli 3500 N arvot eivät ole täysin tarkat. Analyysin tulokset olivat kuitenkin yhdenmukaisia koehenkilömittauksissa koetun kivun kanssa.

Säärisuojan ja säären välissä käytettävä painepohjallinen vaimensi iskun siirtymistä säären alueelle. Painepohjallisen merkittävyys iskunvaimennuksessa testattiin mittaamalla samansuuruinen isku tekojalalle ilman painepohjallista ja painepohjallisen kanssa Mercurial Blade -suojalle. Ero iskunvaimennuksessa mittausten välillä ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi ($p < 0,1$).

Vaikka tutkimuksessa kaikki koehenkilöt suorittivat mittaukset 40° ja 60° pudotuskorkeuksista, painepohjalliset mittasivat vaihtelevia painealueita sekä painepiikkejä. Syy paineen vaihtelulle voi johtua Pedar-X -laitteiston liian alhaisesta näytteenottotaajuudesta, koehenkilöiden säärien koon eroista, sekä jalan asennon eroista mittauksen aikana. Liitteessä 3 on esitetty kaikkien koehenkilöiden painepohjallisten painepiikki ja koehenkilöiden kivun tunne. Tämän perusteella voidaan päätellä, että kivun tunne on ollut koehenkilöillä yksilökohmainen ja paineen vaihtelut eivät vaikuttaneet kivun tunteeseen merkittävästi.

Tutkimuksen asetelma sisälsi riskejä mittausvirheelle myös koehenkilöiden koetussa kivussa. Tekojalalla mitattuja iskuvoimia verrattiin samoista pudotuskulmista koehenkilöiden kivun tunteeseen. Koehenkilöiden säären koon ja pituuden vaihtelut verrattuna tekojalan kokoon nostivat mittausvirheen riskiä. Esimerkiksi koehenkilöllä NS oli muita koehenkilöitä paksumpi säären ympärystymä. Tämän seurauksena suojan ja säären väliin jäi pieni ilmatasku, joka vaimensi sääreen kohdistuvaa iskua (Liite 8). Vaikka anatomiset erot koehenkilöiden välillä vaikuttivat säärisuojan iskunvaimennukseen, eivät eroja arvioitu tutkimuksen kannalta merkittäviksi. Lisäksi heilurin rajoitetun säädettävyyden johdosta iskut kohdistuivat samalle kohdalle sääressä. Vaikka koehenkilöt pitivät noin kahden minuutin tauon jokai-

sen iskun välillä, iskun kohdistumisella samalle kohdalle oli mahdollisuutta nostaa kivun tunnetta iskujen määrän kasvaessa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu viitteitä kivun kasvulle mittauksen edetessä. Silti kivun vääristymisen välttämiseksi tutkimus olisi voinut olla kannattavampaa aloittaa parhaiten suojaavimmista suojusta ja päättää heikoimmin suojaaviin suojiin.

Koehenkilöiden välillä oli huomattavia eroja kivun tuntemuksessa. Koehenkilöllä NB oli merkitsevästi suurempi kivun tuntemus koehenkilöihin KL, HL, AS ja DC verrattuna ($p < 0,01$). Koehenkilö NB laskettiin kuitenkin mukaan keskiarvoihin, koska kivun tunne on yksilökohtainen ja se ei ollut merkitsevästi kaikkia koehenkilöitä suurempi.

Koehenkilöille tuotettu kipu nosti myös tutkimuksessa eettisiä kysymyksiä. Tutkimuksessa pyrittiin noudattamaan eettisiä periaatteita tarkasti, vaikka tutkimusta ei ollut mahdollista suorittaa ilman koehenkilöille aiheutettua kipua. Vaikka tutkimuksessa tuotettiin kipua, riskit pysyvistä ihovaurioista minimoitiin. Koehenkilöt olivat täysin tietoisia tutkimuksesta aiheutuvasta kivusta heti rekrytoimisvaiheessa. Tutkimuksessa kunnioitettiin tutkittavien itsemääräämisoikeutta, jonka seurauksena koehenkilöt saivat lopettaa mittauksen missä vaiheessa tahansa.

12 LÄHTEET

- Aarresola O. 2014. Nuorten urheilu: Mikä motivoi? Suomen Urheilupsykologisen yhdistyksen syysseminaari Jyväskylässä pe 28.11.2014.
- Agel J., Evans T., Dick R., Putukian M., Marshall S. 2007. Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2002-2003. *Journal of Athletic Training*. 42 (2), 270–277.
- Ankrah S., Mills N. 2003. Performance of Football Shin Guards for Direct Stud Impacts. *Sports Engineering* 6 (4), 207–219.
- Atkinson P., Mackenzie, C., Haut, R. 1998. Patellofemoral joint fracture load prediction using physical and pathological parameters. *Society of Automotive Engineers* (2), 67–73.
- Basile S., Zhao X., 2009. Modeling and analysis of proximal tibial growth plate fractures in adolescents. *Biomedical Science & Engineering Conference*. BSEC First Annual ORNL 1–4.
- Biber R., Gregory A. 2012. Chronic lower leg pain in athletes: A guide for the differential diagnosis, evaluation, and treatment. *Sports Health* 4 (2), 121–127.
- Boden B., Lohnes J., Nunley James A., Garrett Jr William E. 1999. Tibia and fibula fractures in soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 7 (4), 262–266.

- Britannica. 2015. Fibula. Viitattu 9.10.2015. <http://global.britannica.com/science/fibula-bone>.
- Brito J., Malina R., Seabra A., Massada J., Soares J., Krstrup P., Rebelo A. 2012. Injuries in Portuguese youth soccer players during training and match play. *Journal of Athletic Training* 47 (2), 191–197.
- Brophy R., Stepan J., Silvers H., Mandelbaum B. 2014. Defending puts the anterior cruciate ligament at risk during soccer: A gender-based analysis. *Sports Health* 7 (3), 244–249.
- Budowick M., Bjålie J., Rolstad R., Toverud K. Suom. Kirsi S. 2008. Anatomian Atlas. 1–2 painos. Painopaikka: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Carbonfibergear. 2009. Nike's mercurial blade carbon fiber shin guard. Haettu 22.7.2015 osoitteesta <http://www.carbonfibergear.com/nikes-mercurial-blade-carbon-fiber-shin-guard/>.
- Castrén M., Korte H., Myllyrinne K. 2012. Tuki- ja liikuntaelinten vammat. Viitattu 28.8.2015. <http://www.terveyskirjasto.fi/>.
- Cattermole H., Hardy J., Gregg P. 1996. The footballer's fracture. *British Journal of Sports Medicine* 30 (2), 171–175.
- Chang W., Kapasi Z., Daisley S., Leach W. 2007. Tibial shaft fractures in football players. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2 (1), 11.
- Chomiak J., Junge A., Peterson L., Dvorak J. 2000. Severe injuries in football players; Influencing factors. *The American Journal of Sports Medicine* 28 (5), 69–74.
- Chung D. 1994. Carbon Fiber Composites. Painopaikka: Butterworth-Heinemann.

- Cohen St., Ciccotti M., Dodson C., Tjoumakaris F., Salvo J., Marchetto P., Watson R., Salminen M., Russell F., O'Brien D. 2014. Incidence and characterization of injury to the infrapatellar branch of the saphenous nerve after ACL reconstruction: A prospective study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 2 (7), 2.
- Collins M., Raleigh S. 2009. Genetic risk factors for musculoskeletal soft tissue injuries. *Medicine and Sport Science* (54), 136–149.
- Coraci D., Tsukamoto H., Granata G., Briani C., Santilli V., Padua L. 2000. Fibular nerve damage in knee dislocation: spectrum of ultrasound patterns. *Muscle & Nerve* 51 (6), 859–863.
- Creager J. 1983. *Human Anatomy and Physiology*. Painopaikka: Wadsworths Inc.
- D3O. 2015. Materials. Viitattu. 20.8.2015. <http://www.d3o.com/materials/>,
- Dane S., Can S., Gürsoy R., Ezirmik N. 2004. Sport injuries: relations to sex, sport, injured body region. *Perceptual and Motor Skills* 98 (2), 519-524.
- Danceproject 2014. *Muscles You're Using Wrong: Calf Edition*. Viitattu 25.8.2015. <http://danceproject.ca/muscles-youre-using-wrong-calf-edition/#.-VdxSIk3ouUk>.
- Davis S., Landis B., Adamsa Z., Allen M., Prausnitz M. 2003. Insertion of microneedles into skin: Measurement and prediction of insertion force and needle fracture force. *Journal of Biomechanics* 37 (8), 1155–1163.
- Ekstrand J. 2008. Epidemiology of football injuries. *Science & Sports* 23 1, 73–77.

- Ekstrand J., Hägglund M., Fuller C. 2011. Comparison of injuries sustained on artificial turf and grass by male and female elite football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (6), 824–832.
- Emery C, Tyreman H. 2009. Sport participation, sport injury, risk factors and sport safety practices in Calgary and area junior high schools. *Paediatric Child Health* 14 (7), 439–444.
- Faude O., Junge A., Kindermann W., Dvorak J. 2005. Injuries in female soccer players: A prospective study in the German national league. *The American Journal of Sports Medicine* 33 (11), 1694–1700.
- Fernandez W., Yard E., Comstock D. 2007. Epidemiology of Lower Extremity Injuries among U.S. High School Athletes. *Academic Emergency Medicine* 14 (7), 641–645.
- Fifa; International Federation of Football Association. 2014. Laws of the Game. <http://www.fifa.com>.
- Francisco A., Nightingale R., Guilak F., Glisson R., Garrett W. 1998. Comparison of soccer shin guards in preventing tibia fracture. *The American Journal of Sport Medicine* 28 (2), 227–233.
- Giladi M., Milgrom C., Simkin A., Stein M., Kashtan H., Marguiles J., Rand N., Chisin R., Steinberg R, Aharonson Z, Kedem R, Frankel V. 1987. Stress fractures and tibial bone width, a risk factor. *British Editorial Society of Bone and Joint Surgery* 69 (2), 326–329.
- Giza E., Fuller C., Junge A., Dvorak J. 2003. Mechanisms of Foot and Ankle Injuries in Soccer. *The American Journal of Sports Medicine* 31 (4), 550–554.

- Giza E., Mithoöfer K., Farrell L., Zarins B., Gill T. 2005. Injuries in women's professional soccer. *British Journal of Sports Medicine* 39 (4), 212–216.
- Gosporti. 2013. Preventing ankle sprains. Viitattu 10.8.2015. <http://www.gosporti.com/preventing-ankle-sprains/>.
- Haikonen K, Lounamaa A. 2010. Suomalaiset tapaturmien uhreina, 2009. Kansallisen uhritutkimuksen tuloksia. *Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL)* (13) 27–31.
- Haug E., Sand O., Sjaastad O., Toverud K. 1999. Ihmisen fysiologia. Painopaikka: WSOY.
- Hawkins R., Fuller C. 1999. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine* 33 (3), 196–203.
- Heidt R., Sweeterman L., Carlonas R., Traub J., Tekulve F. 2000. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *The American Journal of Sports Medicine* 28 (5), 659–662.
- Helal B., King J., Grange W. 1986. Sports injuries and their treatment. Painopaikka: Chapman & Hall.
- Herrero H., Salinero J., Del C. 2013. Injuries among Spanish male amateur soccer player: A retrospective population study. *The American Journal of Sports Medicine* 42 (1), 78–85.
- Hootman J., Dick R., Agel J. 2007. Epidemiology of collegiate injuries for 15 Sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training* 42 (2), 311–319.

- Hägglund M., Walde'n M., Ekstrand J. 2009. Injuries among male and female elite football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19 (6), 819–827.
- Häkkinen K., Kraemer W., Kallinen M., Linnamo V., Pastinen U., Newton R. 1996. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *Journals of Gerontology* 51A (1), B21–B29.
- Junge A., Langevoort G., Pipe A., Peytavin A., Wong F., Mountjoy M., Beltrami G., Terrell R., Holzgraefe M., Charles R., Dvorak J. 2006. Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *The American Journal of Sports Medicine* 34 (4), 565–576.
- Junge A., Dvorak J., Chomiak J., Peterson L., Graf-Baumann T. 2000. Medical history and physical findings in football players of different ages and skill levels. *The American Journal of Sports Medicine* 28 (5), 16–21.
- Kakavelakis K., Vlazakis S., Vlahakis I., Charissis G. 2003. Soccer injuries in childhood. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports* 13 (3), 175–178.
- Kallio T. 2010. Polven ristisidevammat urheilijalla. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 126 (3), 289–295.
- Karpakka J. 1993. American football injuries in Finland. *British Journal of Sports Medicine* 27 (2), 135–137.
- Krul M., Wouden J., Schellevis F., Suijlekom-Smit L., Koes B. 2009. Musculoskeletal problems in overweight and obese children. *The Annals of Family Medicine* 7 (4), 352–356.

- Krych A., Giuseffi S., Kuzma S., Stuart M., Levy B. 2014. Is peroneal nerve injury associated with worse function after knee dislocation? *Clinical Orthopaedics Related Research* 472 (9), 2630–2636.
- Lachmann S. 1988. *Soft Tissue Injuries in Sport*. Painopaikka: Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Leininger R., Knox C., Comstock D. 2007. Epidemiology of 1.6 million pediatric soccer-related injuries presenting to US emergency departments from 1990 to 2003. *The American Journal of Sports Medicine* 35 (2), 288–293.
- Lexell J., Taylor C., Sjöström M. 1988. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *Journal of the Neurological Sciences* 84 (2), 275–294.
- Loës M., Dahlstedt L., Thomée R. 2000. A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 10 (2), 90–97.
- Lucbacher J. 2005. *Soccer Steps to Success Third Edition*. Painopaikka: Human Kinetics Publishers Inc.
- Maharam L., Bauman P., Kalman D., Skolnik H., Perle S. 1999. Master athletes; Factor affecting performance. *Sports Medicine* 28 (4), 273–285.
- Marwan Y., Behbehani A., Al-Mousawi A., Mulla-Juma'a A., Sadeq H., Shah N. 2012. Sports injuries among professional male athletes in Kuwait: Prevalence and associated factors. *Medical Principles and Practice* 21 (2), 171–177.

- Meeuwisse W., Tyreman H., Hagel B., Emery C. 2007. A dynamic model of etiology in sport injury: The recursive nature of risk and causation. *Clinical Journal of Sport Medicine* 17 (3), 215–219.
- Milgrom C., Finestone A., Shlamkovitch N., Rand N., Lev B., Simkin A., Wiener M. 1994. Youth is a risk factor for stress fracture; A study of 783 infantry recruits. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 76 (1), 20–22.
- Morgan B., Oberlander M. 2001. An examination of injuries in major league soccer; The inaugural season. *The American Journal of Sport Medicine*. 25 (4), 426–430.
- Moore K., Dalley A. 1999. *Clinically Oriented Anatomy*. 4 painos. Painopaikka: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mustajoki P. 2015. Osteoporoosi (luukato). Viitattu 17.10.2015.
<http://www.terveyskirjasto.fi/>.
- Nocsae. 2015. National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment. Standard test method and performance specification for newly manufactured soccer shin guards. Viitattu 29.7.2015. <http://nocsae.org/standards/soccer/>.
- O'Connor B., Budgett R., Wells C., Lewis J. 1998. *Sport Injuries and Illnesses, Their Prevention and Treatment*. Painopaikka: The Crowood Press.
- Peck S. 1982. *Atlas of Human Anatomy for the Artist*. Painopaikka: Oxford University Press.
- Poroncushioning. 2015. PORON® Dual Layer Material. Viitattu 2.10.2015.
<https://www.poroncushioning.com/products/5/PORON-Dual-Layer-Material.aspx>.

- Poulsen T., Freund K., Madsen F., Sandvej K. 1991. Injuries in high-skilled and low-skilled soccer: A prospective study. *British Journal of Sports Medicine* 25 (3), 151–153.
- Prodirectsoccer. 2015. Item details. Viitattu 22.7.2015.
<http://www.prodirectsoccer.com/products/nike-mercurial-blade-carbon-fibre-shinpad-black-football-accessories-11255.aspx>.
- Prodirectsoccer. 2015. Nike Mercurial Flylite - Volt/White/White. Viitattu 22.7.2015.
<http://www.prodirectsoccer.com/US/products/Nike-Mercurial-Flylite-Soccer-Shin-Guards-Volt-White-White-97050.aspx?ProductName=Nike-Mercurial-Flylite-Soccer-Shin-Guards-Volt-White-White-97050&cur=GBP>.
- Rediff Sports. 2014. Arsenal's early dominance failed to produce a goal. Viitattu 12.8.2015.
<http://www.rediff.com/sports/report/slide-show-1-champions-league-photos-bayern-overpower-10-man-arsenal-atletico-grab-late-win-godin-costa-robben-kroos/20140220.htm%20-%203#2>.
- Reid D. 1992. *Sport Injury Assessment and Rehabilitation*. Painopaikka: Churchill Livingstone Inc.
- Saarelma O. 2015a. Säären lihasaitio-oireyhtymä, "penikkatauti". Viitattu 15.7.2015.
<http://www.terveyskirjasto.fi/>.
- Saarelma O. 2015b. Iskut ja tärähdykset. Viitattu 20.7.2015. <http://www.terveyskirjasto.fi/>.
- Saarikoski R., Stolt M., Liukkonen I. 2012. Alaraajan ja jalkaterän rakenne . Viitattu 22.6.2015. <http://www.terveyskirjasto.fi/>.
- Sallis R., Jones K., Sunshine S., Smith G., Simon L. 2001. Comparing sports injuries in men and women. *International Journal of Sports Medicine* 22 (6), 420–423.

- Sepheri B., Rouhi G., Yazdi A., Kashani M. 2010. Effect of load direction on fracture type tibia, an FEM analysis. 17th Iranian Conference of Biomedical Engineering, ICBME 2010.
- Shankar P., Fields S., Collins C., Dick R., Comstock D. 2007. Epidemiology of high school and collegiate football injuries in the United States, 2005–2006. *The American Journal of Sports Medicine* 35 (8), 1295–1303.
- Sipilä S., Finni T., Kovanen V. 2014. Estrogen influences on neuromuscular function in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*. 96 (3), 222–233.
- Soccerbible. 2014. Closer look, Nike mercurial flylite guards. Viitattu 22.7.2015. <http://www.soccerbible.com/performance/football-equipment/closer-look-nike-mercurial-flylite-shin-guards/>.
- Soccer-universe. 2012. Slide Tackle. Viitattu 12.8.2015. <http://www.soccer-universe.com/slide-tackle.html>.
- Stolen T., Chamari K., Castagna C., Wisloff U. 2005. Physiology of Soccer. *Sport Medicine* 35 (6), 501–536.
- Tampe U., Weiss R., Stark B., Sommar P., Al Dabbagh Z., Jansson K. 2014. Lower extremity soft tissue reconstruction and amputation rates in patients with open tibial fractures in Sweden during 1998–2010. *BMC Surgery* 14, 80.
- Tatar Y., Ramazanoglu N., Camliguney A., Saygi E., Cotuk H. 2013. The effectiveness of shin guards used by football players. *Journal of Sports Science and Medicine* 13 (1), 120-127.

- Totallyfeet. 1994. Foot circulation. Viitattu 20.8.2015. <http://www.totallyfeet.net/foot-facts/foot-circulation/>.
- Tucker A. 1997. Common soccer injuries; diagnosis, treatment and rehabilitation. *Sports Medicine* 23 (1), 21–32.
- Witvrouw E., Danneels L., Asselman P., D’Have T., Cambier D. 2003. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine* 31 (1), 41–46.
- Xiang H., Smith G., Wilkins J., Chen G., Hostetler S., Stallones S. 2005. Obesity and risk of nonfatal unintentional injuries. *American Journal of Preventive Medicine* 29 (1), 41–45.
- Yagi S., Muneta T., Sekiya I. 2013. Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. *Knee surgery sports traumatology arthroscopy* 21(3), 556–563.
- Yates B., White S. 2004. The Incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *The American Journal of Sports Medicine* 32 (3), 772–780.
- Östenberg A., Roos H. 2000. Injury risk factors in female European football: A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports* 10 (5), 279–285.

13 LIITTEET

Liite 1: Zero Point -säärisuojien kyselylomake

Liite 2: Kiputaulukko

Liite 3: Paineen vaikutus koehenkilöiden tunteman kivun määrään

Liite 4: 2,6 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 20–50°

Liite 5: Tekojalalla mitattu 5,4 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 60–110°

Liite 6: Koehenkilöillä mitattu 5,4 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 40–60°

Liite 7: Nike Mercurial Flylite-suojan painejakauman vaihtelevuus ja koetun kivun tunne koehenkilöiden välillä

Liite 8: Koehenkilöiden koetun kivun tunne

Liite 9: Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Liite 10: Alustavan koehenkilömittauksen tulokset

LIITE 1. Zero Point -säärisuojien kyselylomake

		Project	
Päivämäärä: _____ (dd/mm/yyyy)	Koehenkilön nimikirjaimet	<input type="text"/>	ID <input type="text"/>

SÄÄRISUOJAN TOIMINNALLISEN TESTIN KYSELY
(Questionnaire for the shin protectors' functional test)

Nimi:

Ikä:

Sukupuoli:

Pituus:

Paino:

1- Kuinka kauan olet pelannut jalkapalloa?*How long have you played football?*

- Alle vuoden / *Less than a year*
 1-3 vuotta / *1-3 years*
 3-6 vuotta / *3-6 years*
 6-10 vuotta / *6-10 years*
 Yli 10 vuotta / *Over 10 years*

2- Kuinka usein pelaat jalkapalloa?*How often do you play football?*

- En ollenkaan / *Not at all*
 Muutaman kerran kuukaudessa / *Few times per month*
 Muutaman kerran viikossa / *Few times per week*
 Lähes joka päivä / *Almost every day*

3- Mikä on pelipaikkasi kenttäryhmityksessä?*What is your place in the games field grouping?*

- Puolustaja / *Defender*
 Hyökkääjä / *Striker*
 Keskikenttäpelaaja / *Centerfield*

4- Mikä on mielipiteesi säärisuojien käytöstä pelin aikana?*What is your opinion on the use of shin guards during the game?*

Ne ovat täysin hyödyttömät
They are totally useless

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ne ovat erittäin hyödylliset
They are really helpful

AIKAISEMMAT SÄÄRISUOJAT /Previous shin guards

5- Kuinka useita eri säärisuojamalleja olet käyttänyt jalkapallossa?

How many different shin guard models have you used in soccer?

- 1
 2-3
 3-5
 yli 5, kuinka useita? _____ / Over 5, how many?

6- Kuinka yleensä hankit säärisuojasi?

How do you usually acquire your shin guards?

- Ostan ne itse/ I buy them by myself
 Saan ne sponsorilta (Voit siirtyä kysymykseen 9.)
/ I get them from sponsor (You can move to question 9.)

7- Onko mielestäsi uuden istuvan säärisuojan löytäminen...

Do you think finding a new fitting shin guard is...

- Helppoa / Easy
 Vaikeaa / Hard

8- Millä perusteella valitset säärisuojat ja mikä on mielestäsi paras valmistaja? (mukavuus, ilmavuus, väri, muoto, ulkonäkö, kestävyys, kaveri suositteli jne.)

What is the basis of selecting shin guards for you and what do you think is the best manufacturer? (Comfort, breathability, color, shape, appearance, resistance, recommendation by a friend, etc.)

9- Minkä merkkiset/merkkisiä suojat/suojia ovat sinulla tällä hetkellä käytössä, kuinka päädyit niihin?

What kind of shin guard/ guards are you currently using, why did you choose them?

10- Onko sinulle suositeltu jotain tiettyä säärisuojaa, mitä?

Are there any specific shin guards that have been recommended to you?

11- Kuinka käyttämäsi säärisuojat hengittävät käytön aikana?*How breathable are your shin guards during use?*

Hengittävät huonosti Poorly breathable												Hengittävät erinomaisesti Very breathable
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

12- Kuinka mukavat käyttämäsi säärisuojat ovat olleet käytön aikana?*How comfortable your shin guards have been during use?*

Erittäin epämukavat Very uncomfortable												Erittäin mukavat Very comfortable
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

13- Kuinka kevyiltä käyttämäsi säärisuojat tuntuvat käytön aikana?*How light your shin guards have been during use?*

Erittäin painavat Very heavy												Erittäin kevyet Very light
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

14- Kuinka hyvin käyttämäsi säärisuojat ovat vaimentaneet kovia iskuja?*How well your shin guards have been absorbing strong physical shocks?*

Erittäin huonosti Very poorly												Erittäin hyvin Very well
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

15- Kuinka hyvin käyttämäsi säärisuojat ovat pysyneet paikallaan?*How well your shin guards have been staying in place?*

Todella huonosti Really poorly												Erittäin hyvin Really well
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

16- Käytätkö teippiä varmistamaan säärisuojien paikallaan pysymisen?*Do you use tape to ensure that the shin guards stay in place?*

Kyllä / Yes En / No

17- Kumpaa ominaisuutta säärisuojassa arvostat enemmän? Merkitse ruksilla janalle.

Which property of shin guards do you appreciate more? Mark it to the line with a cross.

Istuvuus _____ Suojaavuus

Tuulettavuus _____ Suojaavuus

18- Kuinka paljon säärisuojan ulkonäkö merkitsee sinulle?

How much appearance of the shin guards mean to you?

Ei merkitystä Does not matter												Erittäin tärkeää very important
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

19- Minkä näköinen on mielestäsi istuva ja luotettava säärisuoja?

How do you vision fitting and reliable shin guard?

20- Onko sinulla ihoon liittyviä allergioita, jotka ilmenevät pelien aikana ja mitä ne ovat?

Esimerkiksi ihottumaa ym.

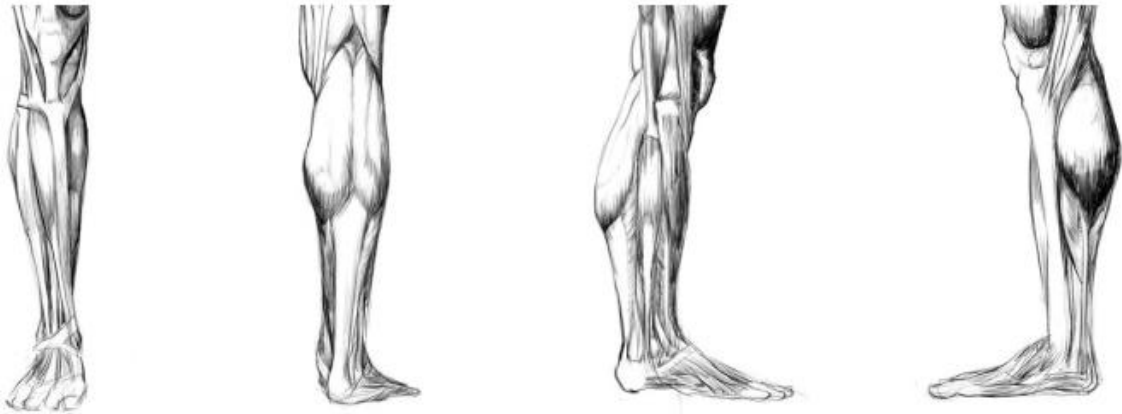
Do you have allergies, which occur during the games and what are they? For example, a skin rash etc.

21- Merkitse kuvaan ruksilla mihin kohtiin sinulla yleisimmin tulee säärivammoja.
Mark on the image with cross the areas which you have the most of lower leg injuries.



22- Mihin kohtiin toivoisit / What locations would you like

- a) lisää suojausta - merkitse ruksilla / more security – mark with a cross
 b) vähemmän suojausta - merkitse ympyrällä / less security – mark with a circle
 c) suojaus oli mielestäsi sopiva - ei mitään merkintää / protection is suitable - no marking



d) voit tarkentaa toivomuksiasi alla oleville viivoille / You can specify your wishes to the lines below

UUSI SUOJA / New shin guard**23- Kuinka kauan testasit uusia säärisuojia?**

How long did you test the new shin guards?

0	1-20 min	20-45 min	45-90 min	90-___min
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

24- Kuinka hengittävät säärisuojat olivat käytön aikana?

How breathable were the shin guards during use?

Hengittävät huonosti Poorly breathable	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Hengittävät erinomaisesti Very breathable
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

25- Kuinka mukavat säärisuojat olivat käytön aikana?

How comfortable were the shin guards during use?

Erittäin epämukavat Very uncomfortable	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Erittäin mukavat Very comfortable
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

26- Kuinka kevyet säärisuojat olivat käytön aikana?

How light were the shin guards during use?

Erittäin painavat Very heavy	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Erittäin kevyet Very light
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

27- Kuinka hyvin säärisuojat vaimensivat kovia iskuja?

How well the shin guards absorbed strong physical shocks?

Erittäin huonosti Very poorly	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Erittäin hyvin Very well
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

28- Kuinka hyvin säärisuojat pysyivät paikallaan?

How well did the shin guards stayed in place?

Todella huonosti Really poorly	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Erittäin hyvin Really well
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

29- Käytitkö teippiä varmistamaan säärisuojien paikallaan pysymisen?*Did you use tape to ensure that the shin guards stay in place?* Kyllä / Yes En / No**30- Aiheuttiko säärisuoja allergisia reaktioita kuten ihottumaa ym.?***Did the shin guard cause any allergic reactions like skin rash etc.?*

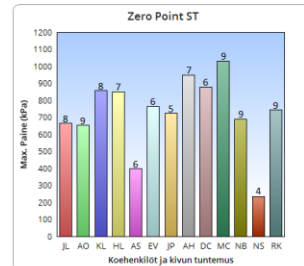
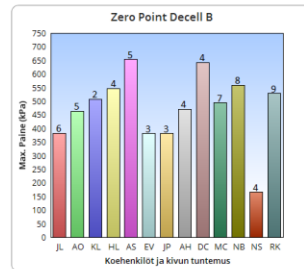
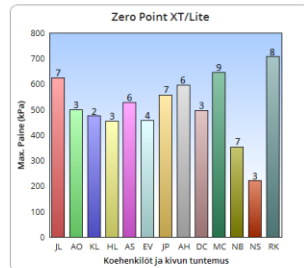
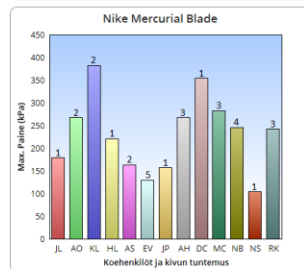
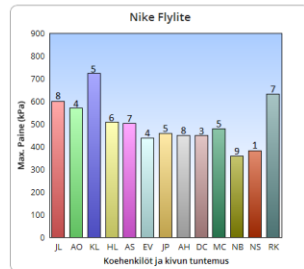
31- Mihin kohtiin toivoisit / What locations would you like**a) lisää suojausta - merkitse ruksilla / more security – mark with a cross****b) vähemmän suojausta - merkitse ympyrällä / less security – mark with a circle****c) suojaus oli mielestäsi sopiva - ei mitään merkintää / protection is suitable - no marking****d) voit tarkentaa toivomuksiasi alla oleville viivoille / You can specify your wishes to the lines below**

LIITE 2. Kiputaulukko

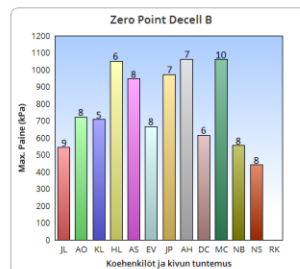
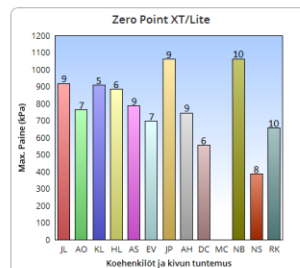
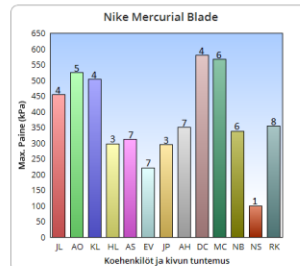
- 1–2 Tunnen iskun, mutta en koe yhtään kipua
- 3–4 Iskun voimakkuus on epämiellyttävä, mutta kipua ei vielä ole
- 5–6 Tunnet pientä kivun tunnetta, mutta olisit valmis kokeilemaan iskua reilusti suuremmalta korkeudelta
- 7–8 Iskun tunne on merkittävä, mutta ei häiritsisi pelitilannetta. Tunnen kipua, mutta olisin valmis kokeilemaan iskua suuremmalta korkeudelta
- 9–10 Kivun tunne olisi häiritsevä pelitilanteessa. En olisi valmis kokeilemaan iskua suuremmalta korkeudelta

LIITE 3. Painepiikkien vaikutus koetun kivun määrään kipuasteikolla 1–10.

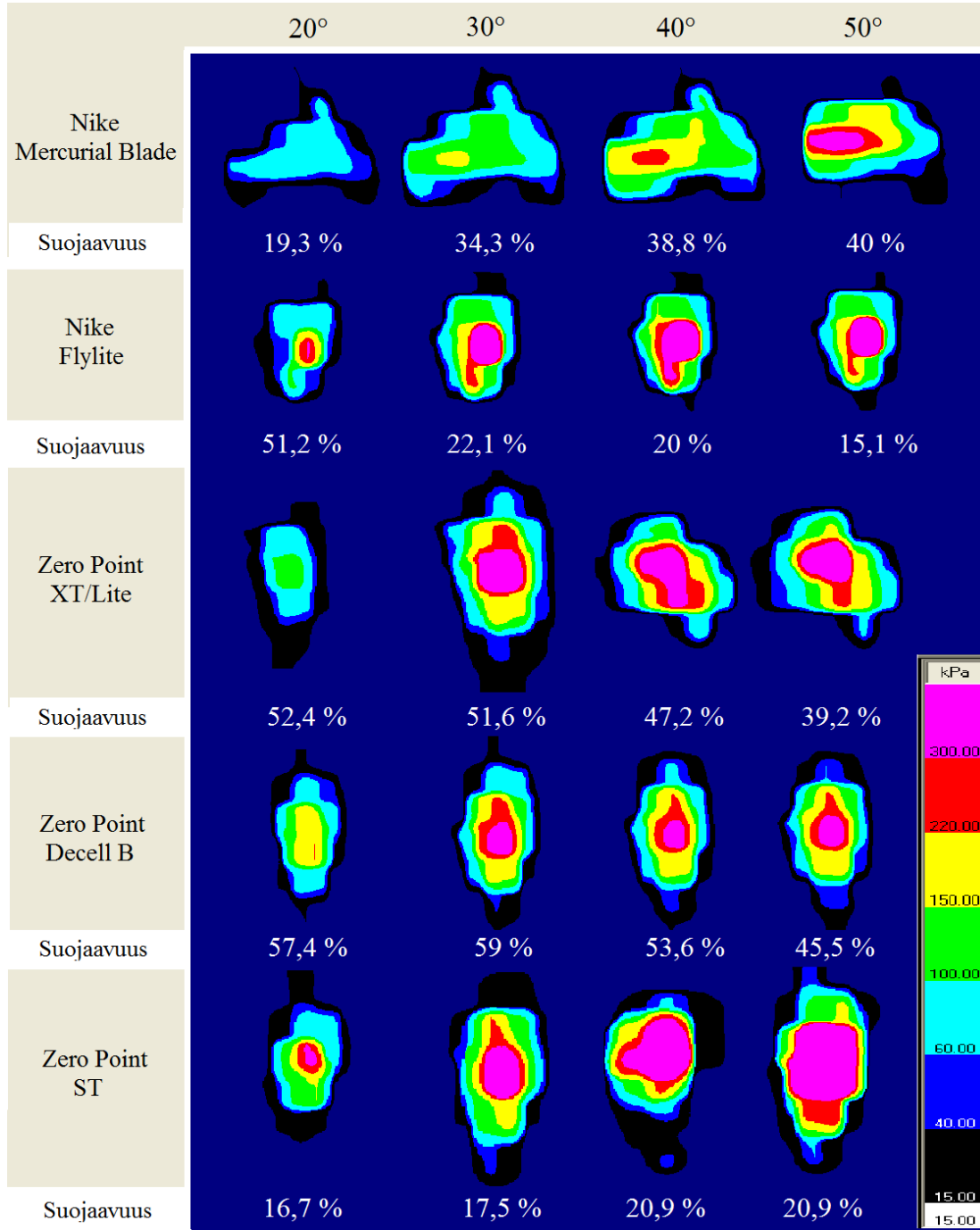
40° pudotuskulma



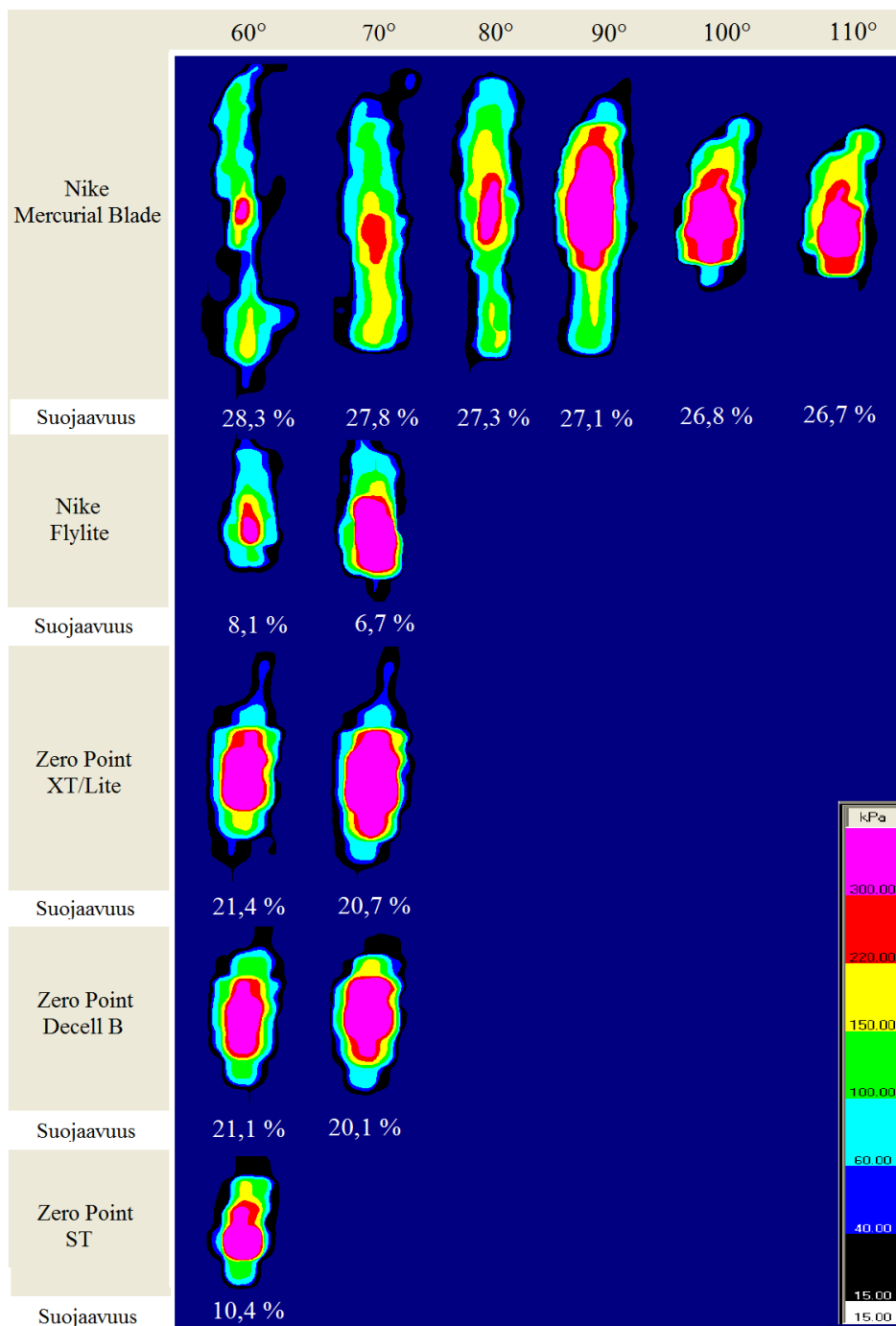
60° pudotuskulma



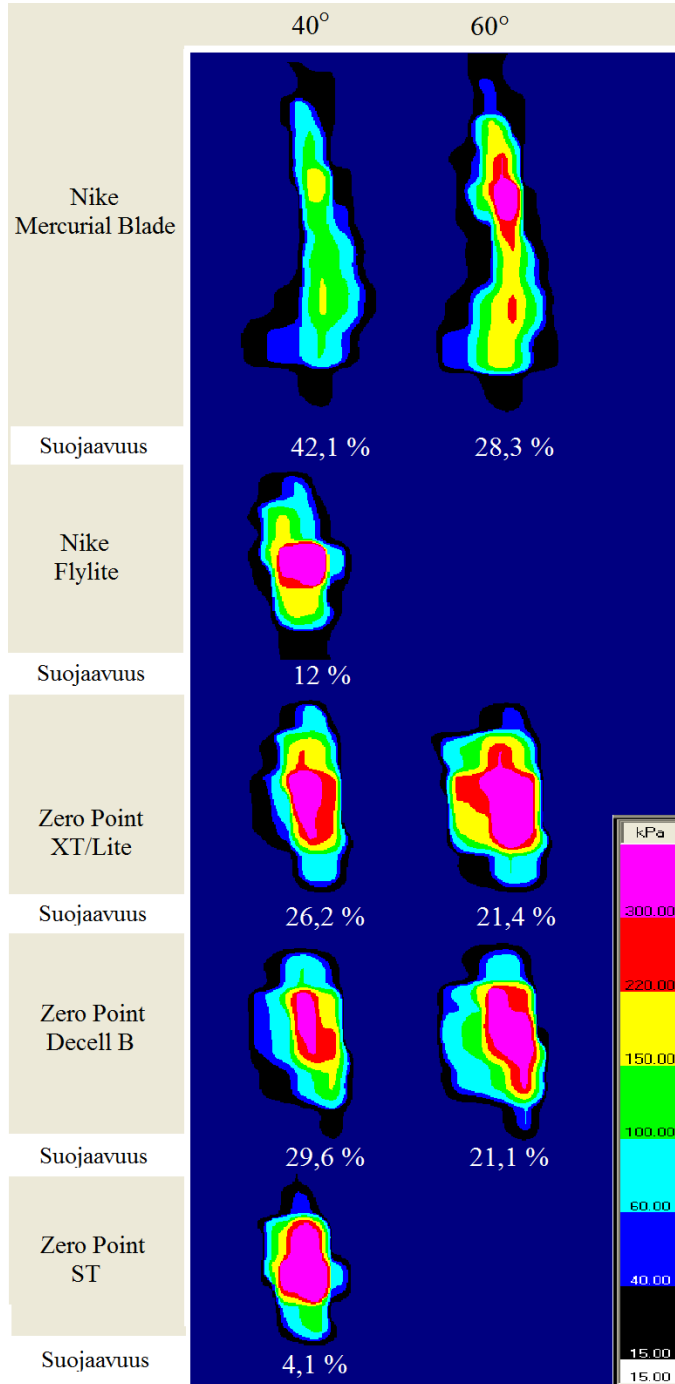
LIITE 4. 2,6 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 20–50° pudotuskulmista



LIITE 5. 5,4 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 60–110° pudotuskulmista tekojalalla



LIITE 6. 5,4 kg kuulan aiheuttama painejakauma sekä suojaavuusprosentti 40–60° pudotuskulmista koehenkilöllä



LIITE 9. Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Koehenkilötiedote ja suostumuslomake

Säärisuojien suojaavuuden ja käytettävyyden ero jalkapallossa

TIEDOTE TUTKITTAVILLE

1 Tutkijoiden yhteystiedot

Vastuullinen tutkija:

- Taija Juutinen, LitT, professori. Liikuntabiologian laitos, PL 35 (VIV), 40014 Jyväskylän yliopisto. e-mail: taija.finni@jyu.fi

Opinnäytteiden tekijät

- Kimmo Laaksonen, liikuntabiologian pääaineopiskelija

2 Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimuksessa pyritään selvittämään markkinoilla olevien säärisuojien sekä Zero Pointin valmistaman uusien prototyyppien iskunkestävyyttä sekä kivun aiheutumista. Koehenkilöt testaavat viisi eri säärisuojamallia yhdellä tai kahdella eri iskulujuudella riippuen suojan mallista. Isku suoritetaan heilurilla, johon on kiinnitetty kuula.

Projektista valmistuu yksi pro gradu -tutkielma. Mittaukset sijoittuvat kesälle 2015.

3 Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tietosuojan edellyttämänä tutkimustietoja käsitellään luottamuksellisesti. Tutkimuksen vastuullinen tutkija vastaa tutkimusaineiston säädösten mukaisesta turvallisesta säilyttämisestä. Manuaalinen aineisto säilytetään Jyväskylän yliopiston tiloissa lukitussa huoneessa. Digitaalinen aineisto koodataan siten, ettei henkilön yksilöllisyyttä pystytä tunnistamaan (annetaan yksilölliset tunnistenumerot [ID]).

4 Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Koehenkilölle tehtävän mittauksen tarkoitus on selvittää kuinka paljon vaihtelevuutta koehenkilöiden kivun tuntemusten välillä on jos samansuuruinen isku kohdistetaan kaikille samalle säärisuojalla suojatulle alueelle. Iskut mitataan myös Pedar-X painepohjallisilla, jonka avulla paineen jakautumista voidaan tarkastella eri suojien välillä. Koehenkilölle tehtävän mittauksen merkitys on löytää yhteys kivun tunteen, voiman absorptiokyvyn sekä painejakauman välille. Tutkimuksen tavoite on kerätä suojaavuuteen sekä käytettävyyteen vaikuttavat tekijät ja verrata uusia prototyyppejä markkinoilla oleviin suojiin.

5 Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Tutkimuksessa koehenkilön ei ole tarkoitus kokea suuria kivun tunteita tai ihon pinnalle syntyviä ruhteita. Iskuvoimat ovat valmiiksi testatut usealle henkilölle valmisteluvaiheessa. Koehenkilön tulee iskun jälkeen arvioida iskun voimakkuus 1-10 väliltä. Iskuvoimakkuus 10 on tarkoitus olla sellainen kivun tunne mikä häiritsisi jalkapallopelissä iskun aikana, mutta ei vaikuta vielä fyysisesti pelaamiseen eikä aiheuta iholle vauriota. Iskuvoimakkuus 10 voidaan myös katsoa sellaiseksi voimakkuudeksi, että koehenkilö ei olisi valmis kasvattamaan heilurissa olevaa nivelkulmaa.

6 Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Opinnäytetyö julkaistaan Jyväskylän yliopiston kirjaston ohjeiden mukaisesti. Tutkimustuloksia esitellään mahdollisesti myös kansainvälisissä tiedekongresseissa ja raportoidaan tutkimusartikkeli-julkaisuna.

Tietosuojan edellyttämänä tutkimustietoja käsitellään luottamuksellisesti. Tutkimushenkilökunnan koulutuksessa tähdennetään luottamuksellisuutta ja vaitiolovelvollisuutta. Kaikki materiaali, joka sisältää henkilötietoja ja/tai tunnistetietoja, tullaan säilyttämään lukkojen takana. Tutkimukseen osallistujille annetaan koodinumerot ja kaikki aineiston käsittely ja tallennus tullaan tekemään ilman henkilötietoja, vain koodinumeroita tai koodikirjaimia käyttäen. Tulokset raportoidaan siten, ettei yksittäistä tutkittavaa pystytä tunnistamaan tieteellisistä esitelmistä tai artikkeleista. Tutkimuksessa noudatetaan hyvän tieteellisen käytännön ja tutkimuksen eettisiä periaatteita.

7 Tutkittavien oikeudet

Osallistuminen tutkimukseen on täysin vapaaehtoista. Koehenkilöllä on tutkimuksen aikana oikeus kieltäytyä mittauksista ja keskeyttää testit syytä ilmoittamatta ja ilman, että siitä aiheutuu mitään seuraamuksia. Tutkimuksen järjestelyt, tulosten käsittely ja raportointi ovat luottamuksellisia. Tutkimuksesta saatavat tiedot tulevat ainoastaan tutkittavan ja tutkijaryhmän käyttöön ja tulokset julkaistaan tutkimusraporteissa siten, ettei yksittäistä tutkittavaa voi tunnistaa. Teillä on oikeus saada lisätietoa tutkimuksesta tutkijaryhmän jäseniltä missä vaiheessa tahansa.

8 Vakuutukset

Jyväskylän yliopiston henkilökunta ja toiminta on vakuutettu. Vakuutus sisältää potilasvakuutuksen, toiminnanvastuuvakuutuksen ja vapaaehtoisen tapaturmavakuutuksen. Tutkimuksissa tutkittavat (koehenkilöt) on vakuutettu tutkimuksen ajan ulkoisen syyn aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tapaturmavakuutus on voimassa mittauksissa ja niihin välittömästi liittyvillä matkoilla. Tapaturman lisäksi korvataan vakuutetun erityisen ja yksittäisen voimanponnistuksen ja liikkeen välittömästi aiheuttama lihaksen tai janteen venähdysvamma, johon on annettu lääkärinhoitoa 14 vuorokauden kuluessa vammautumisesta. Korvausta maksetaan enintään kuuden viikon ajan vamman syntymisestä. Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska tutkimusprojekteja varten vakuutusyhtiöt eivät myönnä täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksien varalta.

SUOSTUMUS OSALLISTUMISESTA TUTKIMUKSEEN

Olen perehtynyt tutkimuksen tarkoitukseen ja siinä tapahtuviin mittauksiin (kivun tunteen mittaaminen viidellä säärisuojalla). Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumisen missä vaiheessa tahansa syitä ilmoittamatta ja ilman seuraamuksia.

Tutkimustuloksia saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. julkaisuihin) sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Tutkimukseen osallistuvien nimet ja syntymäajat

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

Nimen selvennys

Päiväys

Tutkijan allekirjoitus

LIITE 10. Alustavan koehenkilömittauksen tulokset

Kulma	KH1	KH2	KH1	KH2	KH1	KH2	KH1	KH2	KH1	KH2
	Mercurial Flylite		Mercurial Blade		XT/Lite		Decell B		ST	
20°	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3
30°									4	8
40°	5	7	2	2	3	3	4	3	8	10
50°		10								
60°	8		4	7	8	7	8	8		
70°	10		7	8	10	8	10	10		
80°			8	9		10				
90°			9							