Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Matias Olkkonen

OptoGait-järjestelmän reliabiliteetti jäähiekkoilijan testauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointi- ja terveysteknologia

Insinöörityö

13.3.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Matias Olkkonen OptoGait-järjestelmän reliabiliteetti jääkiekkoilijan testauksessa 48 sivua 13.3.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Hyvinvointi- ja terveysteknologia
Ohjaajat	Yliopettaja Mikael Soini, Metropolia Ammattikorkeakoulu Lehtori Pekka Anttila, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinöörityön aiheena oli tutkia OptoGait-askelanalyysilaitteiston reliabiliteettia jääkiekkoilijoille tehtävissä fyysistä suorituskykyä mittaavissa testeissä, minkä myötä selvitettiin myös OptoGaitin soveltuvuutta jääkiekkoilijoiden testeihin.

Insinöörityön tutkimus tehtiin yhteistyössä vantaalaisen jääkiekkoseuran Kiekko-Vantaan sekä Sotungin lukion kanssa. Tutkimukseen osallistui viisi Kiekko-Vantaan B-junioreiden pelaajaa sekä viisi Sotungin lukion opiskelijaa. Tutkimukseen tarvittavat laitteistot lainattiin Metropolia Ammattikorkeakoululta.

OptoGait-askelanalyysin reliabiliteettia mitattiin tekemällä kolme Suomen jääkiekkoliiton laatimaa testiä. Testejä muokattiin OptoGait-laitteiston rajallisuuden johdosta. Tutkimuksessa tehtiin yhden jalan loikkatesti kummallakin jalalla, neljän metrin juoksunopeustesti sekä neljän metrin luistelunopeustesti. Näillä testeillä jäljiteltiin jääkiekkoliiton 5-loikka-, 30 metrin juoksu- ja 30 metrin luistelunopeustestiä. Jokainen testaaja suoritti loikkatestin 16 kertaa, juoksutestin 8 kertaa ja luistelunopeustestin 10 kertaa. OptoGaitin tulosten reliabiliteettia tutkittiin hyödyntämällä mittanauhaa loikkatesteissä ja Microgaten Witty-valokennoja nopeustesteissä.

Tulosten reliabiliteettia arvioitiin ICC:n (Intraclass Correlation Coefficient) avulla. Jokaiselle tutkimukselle laskettiin oma ICC-arvo. Tuloksista todettiin, että yhden jalan loikkatestien ICC-arvot olivat hyviä tai erinomaisia, kun taas nopeustestien ICC-arvot olivat heikkoja. OptoGaitin hyödynnettävyyttä arvioitiin teorian, käyttökokemuksen ja tutkimustulosten ICC-arvojen perusteella. Todettiin, että OptoGait soveltuisi parhaiten loikkatesteihin ja huonoiten jäätesteihin. Juoksunopeustestejä tulisi tehdä lisää suuremmalla määrällä OptoGait-moduuleja.

Tämän insinöörityön tuloksia voidaan hyödyntää suunniteltaessa OptoGaitin käyttöä urheilijoiden testauksien apuvälineenä.

Avainsanat	OptoGait, reliabiliteetti, jääkiekko

Author Title Number of Pages Date	Matias Olkkonen Reliability of the OptoGait system in ice hockey players testing 48 pages 13 March 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Professional Major	Health Technology
Instructors	Mikael Soini, Principal Lecturer, Metropolia UAS Pekka Anttila, Lecturer, Metropolia UAS

The subject of this thesis was to explore reliability of the OptoGait gait analysis system in ice hockey players tests. Also, the subject was to explore suitability of the OptoGait system in ice hockey players tests.

This thesis' research was made in collaboration with Kiekko-Vantaa and Sotunki High School. Five players from Kiekko-Vantaa and five students from Sotunki High School took part to the research. The equipment that needed for the research was borrowed from Metropolia University of Applied Sciences.

The reliability of the OptoGait system was measured by executing three tests from the Finnish Ice Hockey Association test list. Test were modified due to limited OptoGait equipment. The tests that was made were one-leg leap with both legs, four-meter run test and four-meter skating test. These tests simulated to five leap test, thirty-meter run test and thirty-meter skating test. Each participant executed the leap test 16 times, the running test 8 times and the skating test 10 times. The reliability of the OptoGait system was measured by using a measuring tape in leap tests and Witty Photocells in speed tests.

The reliability of test results was evaluated by using ICC (Intraclass Correlation Coefficient). The ICC value was calculated for every test. The results showed that the ICC values in one-leg leap tests were good or excellent, while ICC values in speed test were weak. The usability of the OptoGait system was evaluated based on theory, user experience and ICC values. It was discovered that the OptoGait system would be best suited for leap tests and worst for tests on ice. Running tests should be done with more OptoGait modules to evaluate the reliability in speed tests.

The results of this thesis can be utilized when planning to use OptoGait as a tool for testing athletes.

Keywords	OptoGait, reliability, ice hockey

Sisällys

1 Johdanto 1

2 Jääkiekko lajina 2

2.1 Fysiologiset vaatimukset 2
2.2 Harjoittelu 6
2.3 Testaaminen 7

3 Microgate ja OptoGait 11

3.1 Microgate 11
3.2 OptoGait 11
3.2.1 Yksikkömittari 12
3.2.2 Modulaarinen järjestelmä 13
3.2.3 Kaksiulotteinen järjestelmä 13
3.2.4 Ohjelmistosovellus 14

4 Tutkimus 17

4.1 Kvantitatiivinen tutkimus 17
4.2 Reliabiliteetti 17
4.3 Mittausmenetelmät 19
4.3.1 Testausasetelma 20
4.3.2 Testit 21

5 Tutkimustulokset 23

5.1 Loikkatesti 23
5.2 Juoksutesti 29
5.3 Luistelutesti 33

6 Tulosten analysointi 37

6.1 Tulosten reliabiliteetti 37
6.2 Soveltuvuus jääkiekkoilijan testauksessa 40

7 Yhteenveto 43

Lähteet 44

1 Johdanto

Urheilun maailma on muuttunut vuosikymmenien ajan hurjasti uusien teknologioiden myötä. Teknologiaa on haluttu kehittää spesifisesti eri urheilulajeja varten. Suomen korkeimmalla jääkiekon sarjatasolla SM-liigassa otettiin kaudelle 2018-2019 käyttöön älykiekko. Älykiekon avulla lajin seuraamisesta on tullut paljon viihteellisempää ja kiinnostavampaa. Älykiekosta saatu data mahdollistaa myös lajin kehittämisen ja tutkimisen. Joukkueiden valmentajat saavat myös älykiekoista paljon arvokasta dataa, joilla pystytään kehittämään joukkueen peliä. Älykiekosta saadaan dataa esimerkiksi pelaajien luistelunopeuksista ja kiekonhallinta-ajasta. [1.] Teknologioita ei ole pelkästään kehitetty vain lajeja varten vaan myös urheilijoita varten.

Urheilijoille kehitettyä teknologiaa hyödynnetään osana urheilijan harjoittelua ja fyysisiä testejä. Teknologioilla pyritään esimerkiksi kartoittamaan urheilijan senhetkinen fyysinen suorituskyky mahdollisimman kattavasti. Teknologioita hyödynnetään suunniteltaessa urheilijalle uusia harjoitusohjelmia. Yksittäisen urheilijan fyysisten ominaisuuksien kartoittamiseen käytetään lukuisia eri teknologioita, jotta kokonaisvaltainen suorituskyky saadaan kartoitettua. Vuosikymmenien aikana kehitettyjen teknologioiden ja harjoitusmetodien parantumisen myötä voidaan sanoa, että tämän päivän urheilijat ovat nopeampia ja vahvempia kuin koskaan ennen.

Tässä insinöörityössä tehtiin tutkimus, jonka tarkoituksena oli mitata italialaisen Microgate-nimisen yrityksen OptoGait-askelanalyysilaitteiston reliabiliteettia jääkiekkoilijoille tehtävissä fyysistä suorituskykyä mittaavissa testeissä. Tutkimuksen tavoitteena oli myös selvittää OptoGait-askelanalyysilaitteiston soveltuvuutta jääkiekkoilijoiden testeihin. Tutkimuskysymyksinä olivat: ovatko OptoGaitin testitulokset luotettavia ja miten se soveltuu jääkiekkoilijoiden testeihin.

Työn tilaajana toimii Metropolia Ammattikorkeakoulun toimipisteillä hyvinvointipalveluja tarjoava Positia. OptoGait on osa Positian liikelaboratorion laitteistoa. Insinöörityön aihe valikoitui henkilökohtaisen osaamiseni ja jääkiekkointohimoni perusteella.

2 Jääkiekko lajina

Jääkiekko on kaukalossa pelattava joukkuepeli, jossa kummallakin joukkueella on normaalissa pelitilanteessa 6 pelaajaa kentällä. Jääkiekon kotimaana pidetään Kanadaa, koska laji kehitettiin maan itäosissa 1800-luvulla. Jääkiekon muotoutumiseen omaksi lajiksi vaikuttivat sekä amerikkalaiset että eurooppalaiset pallo- ja jääpelit. [2.] Sittemmin jääkiekosta on tullut maailmanlaajuinen urheilulaji. Jääkiekko on Suomessa yksi seuratuimmista urheilulajeista. Kansainvälisen jääkiekkoliiton IIHF:n (International Ice Hockey Federation) vuonna 2013 tehdyn tutkimuksen mukaan Suomi oli neljänneksi suurin maa jääkiekon harrastajien lukumäärässä [3]. Jääkiekko synnyttää suuria tunteita suomalaisissa. Jääkiekkoa pidetään myös pesäpallon rinnalla yhtenä Suomen kansallislajeista.

2.1 Fysiologiset vaatimukset

Jääkiekko on yksi maailman haastavimmista lajeista. Jääkiekkoilijan tulee olla jokaisessa harjoituksessa ja ottelussa fyysisesti valmis. Kanadalainen jääkiekkolegenda, kolminkertainen Stanley Cup -voittaja Brendan Shanahan tiivisti jääkiekon haastavuuden seuraaviin lauseisiin:

> Tarvitsemme amerikkalaisten jalkapalloilijoiden voimantuottoa, maratoonarien kestävyyttä ja aivokirurgien keskittymiskykyä. Kaikki nämä kovassa vauhdissa, kylmissä ja liukkaissa olosuhteissa, viiden kaverin yrittäessä pysäyttää mailojen avulla, seisoen muutaman millin leveiden terien päällä paksulla jäällä.[4]

Suomen korkeimmalla jääkiekon sarjatasolla SM-liigassa jokainen joukkue pelaa runkosarjassa 60 ottelua. Runkosarjan jälkeen pelataan pudotuspelit, jossa joukkueiden pelimäärä on joukkuekohtaista. Kaudella 2015-2016 Oulun kärppien Lasse Kukkonen pelasi runkosarjassa 58 ottelua, joissa keskiarvoltaan 24 min 57 s ottelua kohden, sekä 14 pudotuspeliottelua, joissa hän pelasi 27 min 49 s ottelua kohden. Kaiken kaikkiaan Kukkonen pelasi siis kauden aikana 30 h 36 s, joka oli maalivahdit pois lukien pelaajatilastojen kärkilukema. Kaikki 72 ottelua sijoittui 217 päivän sisään. [5.]

Jääkiekko-ottelu koostuu pelaajan näkökulmasta kahdesta vaiheesta, aktiivisesta ajasta ja ajasta, jolloin pelaaja ei osallistu pelaamiseen vaan istuu joko vaihtoaitiossa tai rangaistusaitiossa. Jääkiekko-ottelussa pelaajan aktiivinen vaihe, eli jäällä tapahtuva

pelaaminen, on suurimmaksi osakseen anaerobista aineenvaihduntaa kuormittavaa. Aktiivinen vaihe ei kuitenkaan aina koostu yhtäjaksoisesta luistelusta vaan pelaajan tekemä työ on enemmänkin suunnanmuutoksia, jarrutuksia ja nopeita kiihdytyksiä. Jääkiekko-ottelussa ei-aktiivinen vaihe, eli vaihtopenkillä tai rangaistusaitiossa tapahtuva palautuminen, on yleensä noin kahden minuutin kestoinen. Tämä palautumisaika on jääkiekkoilijalle erittäin tärkeä kokonaisjaksamisen kannalta, koska pelaaja tulee ottelun aikana toistamaan lukuisia kertoja samanlaisia intensiivisiä työjaksoja, joiden pituus vaihtelee puolesta minuutista kahteen minuuttiin. [12.]

Jääkiekkoilijan kehon kuormitus kauden aikana on melko suurta, jolloin fysiologisilta ominaisuuksilta vaaditaan paljon. Fysiologisista ominaisuuksista voidaan pitää tärkeimpinä fyysistä voimaa, nopeutta ja nopeuskestävyyttä, kestävyyttä ja liikkuvuutta.

Voima

Voima on suure, joka kuvaa vuorovaikutuksen voimakkuutta. Voimalla on aina suuruus ja suunta. Urheilussa voimalla tarkoitetaan urheilijan kykyä liikuttaa vastusta tai itseä suhteessa ympäristöön. [6.] Jokaisessa eri urheilulajissa tarvitaan kyseiselle lajille vaadittavaa voimaa. Siksi urheilussa voimantuotto voidaan jakaa kolmeen eri lajiin: nopeusvoimaan, maksimivoimaan ja kestovoimaan.

Nopeusvoimalla tarkoitetaan urheilijan kykyä tuottaa mahdollisimman suuri voima mahdollisimman lyhyessä ajassa tai suurimmalla nopeudella. Useimmissa lajeissa nopeusvoimaa tarvitaan liikuttamaan kehoa mahdollisimman tehokkaasti. Kehon tehokas liikuttaminen on täten urheilijalle fyysisesti taloudellisempaa, jolloin kestävyyslajien suorittaminen helpottuu. [7.] Maksimivoimalla tarkoitetaan urheilijan kykyä tuottaa lihaksellaan suurin mahdollinen voima. Maksimivoimaharjoittelun tavoitteena on antaa ärsykkeitä lihas-hermojärjestelmälle. Maksimivoima on myös tärkeä pohjaominaisuus nopeusvoimaurheilijalle ja kestovoimaurheilijalle. [6.] Kestovoimalla tarkoitetaan lihaksiston kykyä ylläpitää vaadittavaa voimatasoa mahdollisimman pitkään. Kestovoima on kaiken lihaskuntoharjoittelun ja liikkumisen perusta. Hyvällä kestovoimalla hermolihasjärjestelmä pystyy tuottamaan voimaa pitkiä aikoja. [8.]

Jääkiekko on laji, jossa pelin aikana jääkiekkoilija kohtaa kaksinkamppailua, laukauksia, taklauksia, luistelua ja muuta fyysistä voimaa tarvitsevia tilanteita. Jääkiekkoilijan

voimantuotto voidaan jakaa kolmeen eri vartalon alueeseen, joita ovat ylävartalo, keskivartalo ja alaraajat.

Ylävartalon lihaksiston voimaa jääkiekkoilija tarvitsee kamppailutilanteissa, kuten taklauksissa. Ylävartalon voimaa jääkiekkoilija tarvitsee myös laukauksissa. Keskivartalon lihaksiston voimatuotto on jääkiekkoilijalle erittäin tärkeä. Keskivartalon lihakset ovat vankka perusta hyvälle luistelulle ja tasapainolle. Keskivartalon voimantuotto on myös tärkeä kamppailutilanteissa. Alaraajojen lihaksiston voimantuottoa tarvitaan hyvään ja nopeaan luisteluun.

Nopeus ja nopeuskestävyys

Ihmisen fyysisellä nopeudella tarkoitetaan ihmisen kykyä suorittaa jokin liikesarja mahdollisimman nopeasti pienessä ajassa. Nopeus on ihmiselle synnynnäinen ominaisuus, jota voidaan kehittää harjoittelulla. Nopeus on myös periytyvää. Nopeus määräytyy ihmisen liikuntaelimistön rakenteesta eli lihaksistosta, luustosta ja hermostosta ja niiden kyvystä suorittaa nopeaa liikettä. Nopeuteen voidaan yleisesti liittää myös taito. Urheilija tarvitsee taitoa suorittamaan jokin liikesarja nopeasti. Esimerkiksi jääkiekkoilijalle ei pelkästään riitä, että on nopea jaloistaan, vaan myös luistelutaidon tulee olla erittäin hyvä, jotta nopeudesta saadaan kaikki hyöty irti. [9.] Jääkiekon parhaaksi liigaksikin kutsutussa NHL:ssä (National Hockey League) pelaavan kanadalaisen Connor McDavidin luistelun ja luistelutaidon kombinaatiota pidetään yhtenä maailman parhaista. Kanadalaisen Sportsnet-urheilukanavan mukaan McDavid ylsi eräässä ottelussa jopa 40,9 km/h nopeuteen [10].

Jääkiekko on yksi maailman nopeimmista palloilulajeista. Siksi nopeus on yksi jääkiekkoilijan tärkeimmistä ominaisuuksista. Etenkin jääkiekkoilijan luistelun lähtönopeuden merkitys on kasvanut runsaasti jääkiekon historian aikana pelin kehityttyä aina vain nopeammaksi. Jääkiekkoilijan tulee osata muuttaa luisteluaan nopeasti pelin sisällä tapahtuvien muutosten ja ärsykkeiden suhteen. [11.] Nopeutta jääkiekkoilija tarvitsee myös laukauksissa. Nopeaan laukaukseen maalivahdin on vaikea reagoida.

Kestävyys

Kestävyys on yksi tärkeimmistä perusominaisuuksista kaikissa urheilulajeissa. Jääkiekko lasketaan intervallityyppiseksi lajiksi. Intervallityyppisessä lajissa urheilija suorittaa pitkässä ajanjaksossa lukuisia intensiivisiä työjaksoja. Jääkiekossa vaihtojen lukumäärä riippuu yleensä pelaajan roolista. Yhdessä ottelussa pelaajalle tulee keskimäärin 18 vaihtoa [13], joiden pituudet vaihtelevat keskimäärin puolesta minuutista minuuttiin. Jääkiekkoilijan fyysisen kunnon jatkuva ylläpitäminen on tärkeässä roolissa läpi kauden. Hyvä kestävyyskunto on jääkiekkoilijan pelaamisen, harjoittelun ja palautumisen perusta [14].

Urheilijan kestävyys on yksilöllistä. Kestävyys riippuu siitä, kuinka hyvin urheilijan keho pystyy tuottamaan energiaa hapen avulla sekä siitä, kuinka pitkään elimistö pystyy pitämään maksimaalisen suorituskyvyn. Kestävyyden tarve on kuitenkin lajikohtaista. 100-metrin aitajuoksussa urheilijan suoritus kestää hieman yli 10 sekuntia, jolloin erityisen hyvä hapenottokyky on tärkeää. Jääkiekko-ottelun kestäessä puolestatoista tunnista kahteen tuntiin on tärkeää pystyä varastoimaan ja tuottamaan energiaa mahdollisimman taloudellisesti, jotta urheilija pystyy olemaan parhaimmillaan läpi ottelun. [15.]

Liikkuvuus

Liikkuvuus tarkoittaa koko kehon ja nivelten liikelaajuutta. Liikkuvuutta pidetään myös synonyyminä notkeudelle. Liikkuvuutta pidetään yksilöllisenä ominaisuutena, johon vaikuttaa ihmisen perimä, ikä, hormonaaliset ja hermostolliset tekijät. Liikkuvuus koostuu lihasten ja niveltä ympyröivien kudosten venyvyydestä ja nivelten liikkuvuudesta. [16.]

Urheilijalle liikkuvuus ja notkeus ovat edellytys maksimaaliselle suoritukselle. Hyvä liikkuvuus myös vähentää loukkaantumisriskiä. Liikkuvuus on kokonaisvaltaisen suorittamisen perusedellytys. Kehon liikkuvuutta ja notkeutta ylläpidetään jatkuvasti [17]. Lihaksiston venyvyydestä on monia hyötyjä urheilijalle. Hyvin venyvä lihas palautuu nopeammin tehdyn harjoituksen jälkeen. Hyvin venyvä lihas kasvattaa myös lihaksen liikenopeutta, kimmoisuutta ja voimantuottoa. Heikosti venyvä lihas voi tuottaa urheilijalle loukkaantumisia, kuten esimerkiksi lihasrevähdyksiä. Heikosti venyvä lihas myös väsyy helpommin sekä tuntuu jäykältä ja kipeältä. [17.] Jääkiekkoilijalle painotetaan koko uransa ajan liikkuvuuden ja venyttelyn tärkeyttä. Etenkin jääkiekkomaalivahdeille hyvä liikkuvuus on

elintärkeää, koska heidän työnsä vaatii vartalolta todella paljon erilaisia asentoja, eikä loukkaantumisiin ole varaa.

2.2 Harjoittelu

Jääkiekkoilija harjoittelee lukuisia määriä viikossa sarjatasosta ja iästä riippuen. Monipuolisesti erilaisten lajien harrastaminen nähdään positiivisena asiana. Nuoret jääkiekkoilijat (3 - 20 -vuotiaat) harjoittelevat tasostaan riippuen keskimäärin 1-6 kertaa viikossa. Jääkiekkoilijan uran aikana harjoitusmetodit ja -määrät muuttuvat useaan otteeseen.

Jääkiekkouran alkuvaiheet (3-7 ikävuodet) ovat lapselle perustaitojen, yhdessäolon ja oppimisen aikaa. Näinä vuosina lapsi harjoittelee joukkueen kanssa noin 1-3 kertaa viikossa. Erilaiset leikit ja kisailut rakentavat pohjaa lapsen rytmitajulle, kehonhallinnalle ja tasapainolle eli kaikille niille ominaisuuksille, joita jääkiekkoilija tarvitsee. Päästäessä ikävuosiin 8-13 jääkiekkoilijan harjoitustavat hieman muuttuvat. Harjoitusmäärät hieman kasvavat ja lapselle aletaan painottamaan entistä enemmän joukkuetoiminnan ulkopuolella tapahtuvaa harjoittelua, eli niin sanottua omatoimista harjoittelua. [18.]

Lapsen murrosiän alkaessa 14-17-vuoden iässä jääkiekkoilijan lihaskuntoharjoitteluun aletaan kiinnittämään enemmän huomiota. Lihaskuntoharjoittelu pyritään kuitenkin tekemään ainoastaan oman kehon painolla, koska liian aikaisella voimaharjoittelulla voi olla vaikutuksia kasvuikäisen fyysiseen kehitykseen [19]. 17-20-vuoden iässä aletaan keskittymään eritoten nopeusvoimaan, maksimivoimaan, räjähtävään voimaan ja kimmoisuuteen. Tässä iässä aletaan myös tekemään lihaskuntoharjoitteita lisäpainoilla.

Jääkiekkoilijan siirtyessä ammattilaiseksi harjoitusmetodit ja määrät muuttuvat huomattavasti. Ammattilaisjääkiekkoilijan arki on suurimmaksi osaksi harjoittelua ja pelejä. Harjoituksia voi olla useita yhden päivän aikana pelien ohessa.

Jääkiekkoilijan kalenterivuosi voidaan jakaa kahteen eri harjoittelujaksoon: kesäharjoittelu- ja talviharjoittelujaksoon. Kummallakin harjoittelujaksolla keskitytään lajinomaisiin harjoituksiin.

Kesäharjoittelu

Jääkiekkoilijan kesäharjoittelujakso alkaa, kun edellinen kiekkokausi päättyy. Usein kesäharjoittelujakso ajoittuu huhti-toukokuun vaihteesta heinäkuun loppuun. Kesäharjoittelujakso voidaan jakaa vielä kahteen erilliseen jaksoon, joukkueharjoittelu- ja omatoimisharjoittelujaksoon. Joukkueharjoittelujakso alkaa edellisen kauden päättyessä ja loppuu kesäkuun puolivälin jälkeen. Joukkueharjoittelujakson aikana jääkiekkoilijat harjoittelevat joukkueensa kanssa valmentajan johdolla noin 3-6 kertaa viikossa. Harjoittelu koostuu tällöin suurimmaksi osaksi oheisharjoittelusta. Tämän jakson aikana jääkiekkoilijalle tehdään myös kauden ensimmäiset testit. Testit ovat yleensä joukkuekohtaisia, mutta monet joukkueet tekevät Suomen jääkiekkoliiton laatimia testejä pelaajilleen. Nämä testit on listattu luvussa 2.3.

Joukkueharjoittelujakson jälkeen pelaajalla alkaa omatoiminen harjoittelujakso. Omatoimisen harjoittelujakson aikana pelaaja harjoittelee yleensä henkilökohtaisen harjoitusohjelman mukaan, joka on yleensä laadittu tehtyjen testien perusteella.

Talviharjoittelu

Talviharjoittelujakso alkaa yleensä elokuun alussa ja jatkuu pitkälle kevääseen huhtikuun loppuun. Harjoittelu koostuu tällöin suurimmaksi osaksi jääharjoittelusta ja oheisharjoittelusta. Talviharjoittelujakso on jääkiekkoilijan harjoittelun kannalta hieman erilaisempaa kuin kesäharjoittelujaksolla. Talviharjoittelujakson aikana jääkiekkoilijalla on lukuisia pelejä, joissa kropan vireystila tulee olla aina maksimaalinen. Tällöin joukkueharjoituksissa pyritään välttämään kroppaa huomattavasti rasittavia harjoituksia. Talviharjoittelujakson aikana jääkiekkoilijan fyysisiä ominaisuuksia pyritään vain hieman kehittämään tai pitämään yllä.

2.3 Testaaminen

Urheilijan kehitystä seurataan suurimmaksi osaksi erilaisten testien avulla. Testeillä pyritään kartoittamaan urheilijan sen hetkinen fyysinen suorituskyky, jotta pystytään sen perusteella luomaan tai muokkaamaan harjoitusohjelmia. Testien tarkoitus riippuu siitä, millainen urheilulaji on kyseessä. Eri urheilulajien edustajat tekevät oman lajinsa

kannalta tärkeitä testejä. Jääkiekkoilijalle tehtävät testit voidaan jakaa jäätesteihin ja jään ulkopuolella tehtäviin testeihin. Osa testeistä on fyysisesti todella raskaita, eikä niitä suositella tehtäväksi saman päivän aikana. Jääkiekkoilijan testit tehdään yleensä kaksi kertaa vuoden aikana: keväällä ennen kesätaukoa ja kesätauon jälkeen syksyllä. Talvikauden aikana voidaan tehdä myös joitain ei niin fyysistä kuntoa vaativia testejä, esimerkiksi liikkuvuustestejä. Jääkiekkoilijalle tehtäviä fyysistä voimaa vaativia testejä aloitetaan tekemään murrosikävaiheessa noin 12–15-vuotiaana, koska on todettu, että alle murrosikäisen lapsen lihas ei juurikaan kasva, jolloin testaaminen olisi melko turhaa [4].

Tietyllä testillä täytyy olla aina jokin syy, eli mitä halutaan testata ja miksi. Suomen jääkiekkoliiton laatimassa testilistassa on todella kattavasti kaikkia jääkiekkoilijan ominaisuuksia mittaavia testejä. Testeissä mitataan voimantuottoa, nopeutta, kestävyyttä ja jalkojen räjähtävyyttä. Nämä testit on tarkoitettu tehtäväksi 15-20-vuotiaille junioreille sekä Mestis- ja Liiga-pelaajille, mutta jokainen joukkue päättää ensisijaisesti itse, minkälaisia testejä tehdään. Jääkiekkoilijan ominaisuuksia pystytään myös muulla tapaa testata. Esimerkiksi jääkiekkoilijan kestävyyskuntoa mitataan yleisesti polkupyöräergometritestin avulla. Testissä pyritään selvittämään sydän- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä eli maksimaalista hapenottokykyä.

Suomen jääkiekkoliiton laatimat testit ja testien fysiologiset perustelut on selitetty alla [20]:

Yhdenjalankyykky

Nykyjääkiekossa tärkein pelaajan ominaisuus on luistelu. Luistelu koostuu kummankin jalan vuorottaisesta sivulle suuntautuvasta työnnöstä. Luistelun voimantuotto tapahtuu siis vuorottain yhdellä jalalla. Voimantuotto alkaa lantiosta lonkkanivelen ojentumisena, joten jalan voimantuottoa tulisi siis tarkastella yhdellä jalalla. Jääkiekko on myös toispuoleinen laji. Kahden jalan voimatestejä ei suositella tehtäväksi, koska niissä ei tule ilmi alaraajojen puolieroja. Suuret alaraajojen puolierot voivat altistaa urheilijan vakaville alaselän ja nivusalueen vammoille.

Yhdenjalankyykkytestin suoritusaika suositellaan pidettäväksi 60 sekunnissa. Tällöin voimakestävyyden lisäksi tulee testattua myös maksimivoimaa, lantion hallintaa ja tasapainoa. Näiden ominaisuuksien testaaminen on tärkeää, koska heikon maksimivoiman

omaava jääkiekkoilija ei kykene pitämään oikeaa voimantuottoasentoa, jolloin tasapaino luistellessa voi olla heikko.

Leuanveto

Leuanveto ei varsinaisesti ole tärkeä jääkiekkoilijan testausmenetelmä. Jääkiekossa lihakset eivät tuota leuanvetoon tarvittavaa voimaa. Kuitenkin leuanvedon aikana jääkiekkoilijan aktivoi ranne-, sormi- ja hauislihasten lisäksi myös rintarangan tukilihaksistoa ja jääkiekkoilijalle tärkeää keskivartalon lihaksistoa. Tästä syystä leuanveto on hyvä mittari kuvastamaan ylä- ja keskivartalon voimaa sekä lihasten aktivoitumiskykyä.

Vatsalihastesti

Keskivartalon lihaksiston kunto on jääkiekkoilijalle elintärkeä. Vatsalihakset ja lonkankoukistajat ovat laukaisu-, luistelu- ja kamppailuvoiman kannalta suuressa asemassa. Vatsalihaksia testataan yleensä yhdessä lonkankoukistajien kanssa, koska kyseiset lihakset eivät toimi lajissa itsenäisesti vaan yhtenä kokonaisuutena. Vatsalihastesti toteutetaan siksi jalat tiukasti tuettuna. Jalkojen tukeminen vähentää myös jalkojen ja ylävartalon pituuserojen vaikutusta testitulokseen, jolloin testin vertailtavuus muiden erityyppisten jääkiekkoilijoiden kanssa paranee. Vatsalihastestissä testattavalle voidaan myös antaa käsiinsä pieni lisäpaino, mikä vähentää käsien käyttöä voimantuoton lisäämiseksi. Tällöin saadaan kokonaiskestävyyden lisäksi myös tarkempaa informaatiota keskivartalolihasten perusvoimaominaisuuksista.

Nopeuskestävyystesti

Nopeuskestävyystesti on hyvä testi mittaamaan jääkiekkoilijan lajinomaista anaerobista energia-aineenvaihduntaa ja nopeuskestävyyttä. Nopeuskestävyystestissä juostaan 12 kertaa 20 metrin matka viivalta toiselle. Jääkiekko-ottelussa tulee muutaman minuutin palautumisjaksoja, minkä takia nopeuskestävyystesti suoritetaan kolme kertaa neljän minuutin palautusajalla. Testin tarkoituksena on mitata urheilijan kykyä täyttää rasituksen jälkeen energiavarastojaan ja poistaa haitallisia kuona-aineita lihaksistosta. Testi on myös hyvä mittari testaamaan urheilijan psyykkisiä ominaisuuksia pitkän rasituksen alla.

5-loikka

Jääkiekkoilijan jaloilta vaaditaan nopeutta. Lisäksi jääkiekkoilijalle on myös erittäin tärkeää jalkojen räjähtävyys ja kyky suorittaa ja tuottaa voimaa vuorottaisesti pitkällä ajanjaksolla. Vauhditon 5-loikka on testi, jossa jalkojen nivelkulmat ja voimantuottoaika on hyvin samankaltainen kuin luistelussa. Testituloksiin saattaa vaikuttaa urheilijan pituus ja voimaominaisuudet, joten tulosten vertaileminen etenkin murrosikävaiheessa on yleensä vain omiin aikaisemmin tehtyjen testien tuloksiin.

Juoksu- ja luistelunopeus 30 m

Jääkiekko on nopeuslaji, jossa etenkin pelaajan lähtönopeudella on pelinkulun kannalta suuri merkitys. 30 metrin juoksu- ja luistelunopeustesti toimii hyvänä mittarina jääkiekkoilijan alaraajojen nopeusominaisuuksien tilasta. Matkan ollessa lyhyt, ei juoksu- ja luistelutekniikalla ole suurta merkitystä saatuun tulokseen. Kuitenkin jääkiekkoilijan voimaominaisuuksilla on suuri merkitys tulokseen, jolloin testitulosten vertailu on yksilöllistä etenkin murrosikävaiheessa.

Juoksukestävyys 30 min ja luistelukestävyys 500 m

Hyvä kestävyyskunto on jääkiekkoilijan pelaamisen, harjoittelun ja palautumisen perusta. Aikaisemmin jääkiekkoilijan kestävyyttä mitattiin Cooper-testillä tai 3000 m:n juoksutestillä. Testien ongelmana pidettiin kuitenkin niiden lyhyyttä, koska keskimäärin 10-12 minuuttia kestänyt suoritus ei täysin kuvastanut jääkiekkoilijan aerobista rasva-aineenvaihduntaa eikä juoksun taloudellisuutta. 30 minuutin juoksutestissä urheilijan rasva-aineenvaihduntakyky ja juoksun taloudellisuus tulee paremmin esille.

500 metrin luistelukestävyystestissä mitataan suurimmaksi osaksi samoja asioita kuin 30 minuutin juoksukestävyystestissä. Luistelukestävyystestissä halutaan myös seurata jääkiekkoilijan luistelun taloudellisuutta. Testissä kierretään kaukaloa ympäri, joten suorituksessa korostuu myös jääkiekkoilijan eteenpäin luistelun sekä kaarreluistelun tekninen osaaminen.

3 Microgate ja OptoGait

Tässä insinöörityössä tehtävässä tutkimuksessa käytetään hyödyksi italialaisen Microgate-nimisen yrityksen kehittämää laitetta.

3.1 Microgate

Microgate on vuonna 1989 perustettu italialainen yritys, jonka ensisijainen tavoite oli kehittää ajanottolaitteita urheilijoiden testaamiseen. Vuosien saatossa Microgate on laajentanut osaamistaan ja asiakasverkostoaan. Asiakasverkostoon kuuluu italialaisia urheilulajiliittoja, kuntoutusklinikoita ja jalkapalloseuroja. Verkosto on kuitenkin maailmanlaajuinen, ja se ulottuu 30 maahan ja 4 maanosaan. Tällä hetkellä yritys keskittyy neljään kehittämisen osa-alueeseen, jotka ovat Professional Timing, Training & Sports, Engineering ja Medical Rehab. [21.]

Professional Timing -osaston tarkoituksena on kehittää laitteita, jotka mittaavat aikaa suurimmalla mahdollisella tarkkuudella [22]. Training & Sports -osaston tavoitteena on tuottaa innovatiivisia ratkaisuja, joilla pystytään analysoimaan ja kehittämään urheilijan suorituskykyä, kuten esimerkiksi urheilijan kiihtyvyyttä, reaktiivisuutta, voimaa ja nopeutta [23]. Engineering-osasto kehittää huipputeknisiä ratkaisuja tieteelliseen ja tuotannolliseen käyttöön [24]. Medical Rehab on Microgaten uusin osasto. He ovat kehittäneet kävelyä analysoivan laitteen, mikä on yhtiön mukaan vallankumous teknologian alalla. Tämän kävelyä analysoiva laitteen nimi on OptoGait [25].

3.2 OptoGait

OptoGait on laite, joka analysoi ja arvioi liikkumista. OptoGait-järjestelmä koostuu monesta eri toisiinsa liitettävästä osasta. Suurimmaksi osaksi OptoGait kuitenkin koostuu yksittäin tai peräkkäin liitettävistä metrin mittaisista moduuleista. Moduulien määrä määrittää sen, millaisia testejä tai harjoituksia OptoGaitilla pystyy tekemään. Vastakkaisten moduulien välimatka toisiinsa nähden saa maksimissaan olla 6 metriä. Osaksi OptoGaitia on myös tuotu analyyseja kuvaavia kameroita, jotka helpottavat kyseisen analyysin

tarkastelua ja analysointia. [26] Moduuleita on kahdenlaisia (kuva 1): signaalia lähettäviä (TX – Transmitting bar) ja signaalia vastaanottavia (RX – Receiving bar).

Kuva 1. OptoGait, vasemmalle TX- ja oikealla RX-moduuli [27]

OptoGaitin mittaustekniikka perustuu LED (Light Emmiting Diode – hohtodiodi) -teknologiaan. Jokaisessa OptoGait-moduulissa on 96 LEDiä, jotka kommunikoivat keskenään infrapunan 890 nm:n taajuudella. Järjestelmä on myös varustettu 1000 hertsin taajuudella operoivilla optisilla sensoreilla. Näiden sensorien tehtävänä on määrittää moduulien välille syntyneen häiriön alueen suuruus ja paikka. Näiden optisten sensoreiden mittaustarkkuus on 1 cm. Aikaparametrit laite mittaa tuhannesosasekunnin tarkkuudella. [28.]

3.2.1 Yksikkömittari

Yksikkömittari tarkoittaa vain kahden moduulin käyttöä tehtäessä analyysia. Yksikkömittariksi kutsutaan yhdistelmää, jossa käytetään vain yhtä lähettävää ja yhtä vastaanottavaa moduulia. Yksikkömittarissa nämä moduulit ovat aseteltu vastakkain. Mittausmahdollisuudet ovat tällöin kuitenkin rajalliset, koska mittausalue on pieni. Yksikkömittaria voi kuitenkin käyttää moniin eri testeihin, kuten kyykkyhyppytesteihin ja reaktiotesteihin. [27.]

Yksikkömittari voidaan myös integroida osaksi juoksumattoa. Yksikkömittari voidaan asettaa juoksumaton sivupalkkeihin kiinni eikä erillistä synkronointia juoksumaton kanssa ole tarpeellista tehdä testin aloittamiseksi. Juoksumaton hyödyntäminen

helpottaa pitkäaikaisen askel- ja juoksuanalyysin tekemistä. [29.] Juoksumatolla tehtävää analyysiä on myös hyödynnetty maailman isoimpien yhtiöiden toimesta. Esimerkiksi urheiluvaatevalmistaja Nike hyödynsi uusien urheilukenkiensä kehityksessä OptoGaitin yksikkömittaria [30].

3.2.2 Modulaarinen järjestelmä

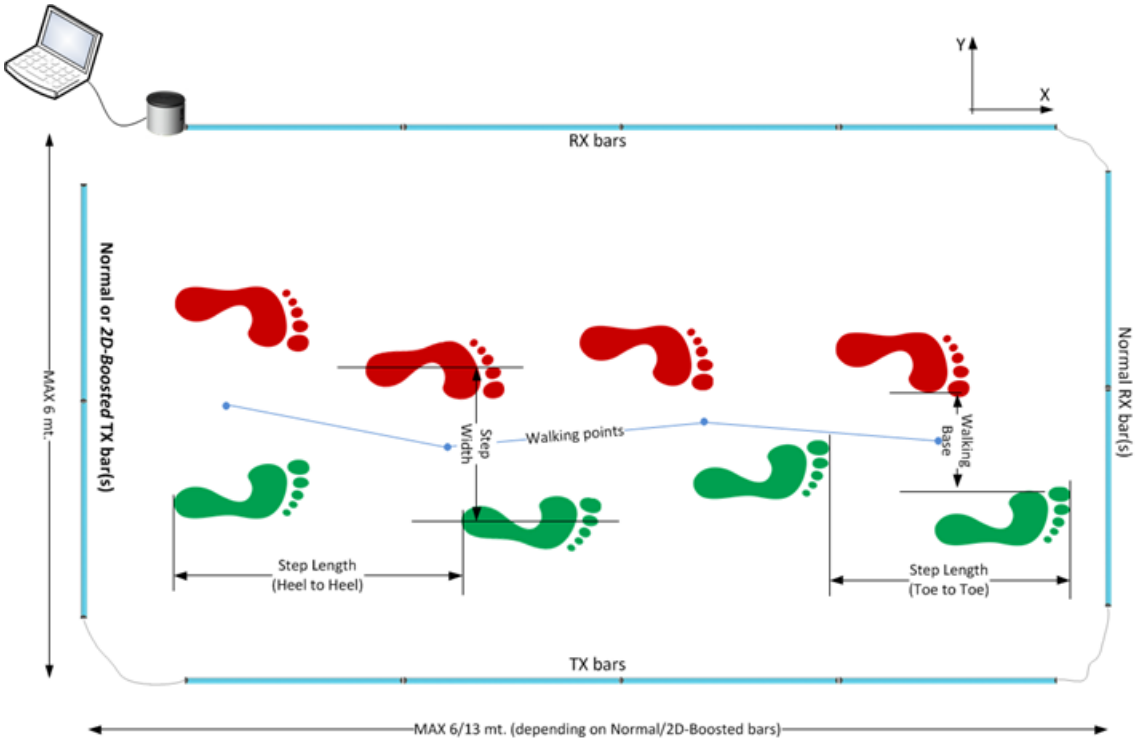
Modulaarinen järjestelmä tarkoittaa sitä, että moduuleja on asetettu peräjälkeen kaksi tai useampi. Modulaarisen järjestelmän pituus on maksimissaan 100 metriä. Modulaarisen järjestelmän asentaminen käy helposti; kaksi moduulia liitetään toisiinsa pienen korkin avulla. Kahden moduulin toisiinsa synkronointi ei vaadi erillisiä kaapeleita tai johtoja. [31.]

Modulaarisella järjestelmällä pystytään tekemään lukuisia kävely- ja juoksuanalyyseja ja sitä kautta saamaan enemmän dataa ja eri parametrejä yksikkömittariin verrattuna. Tällä järjestelmällä pystytään saamaan kävely- tai juoksuanalyysissä pitkittäissuunnassa tapahtuvasta liikkeestä, eli esimerkiksi askeleen pituudesta dataa. [31.]

3.2.3 Kaksiulotteinen järjestelmä

Kaksiulotteinen järjestelmä on sovellettavissa kävelyanalyyseja varten. Tavallisesti OptoGait-moduulit aseteltaisiin kuvitteellisessa koordinaatistossa x-akselin mukaisesti. Jotta järjestelmästä saataisiin kaksiulotteinen, kaksi moduulia täytyy asettaa myös y-akselin suuntaisesti. Tällöin mittausalueen muoto muistuttaa suorakulmiota. Kaksiulotteisen järjestelmän maksimipituus on 6 metriä.

Kaksiulotteisen järjestelmän tarkoituksena on saada vielä enemmän dataa verrattuna modulaariseen järjestelmään. Kaksiulotteisen järjestelmän vahvuus on se, että analyysistä voidaan määrittää sivuttaissuunnassa tapahtuvaa liikettä, esimerkiksi askelleveyttä (step width) ja sen keskiarvoa (walking points) (kuva 2). [32.]



Kuva 2. Kaksiulotteinen järjestelmä [32]

3.2.4 Ohjelmistosovellus

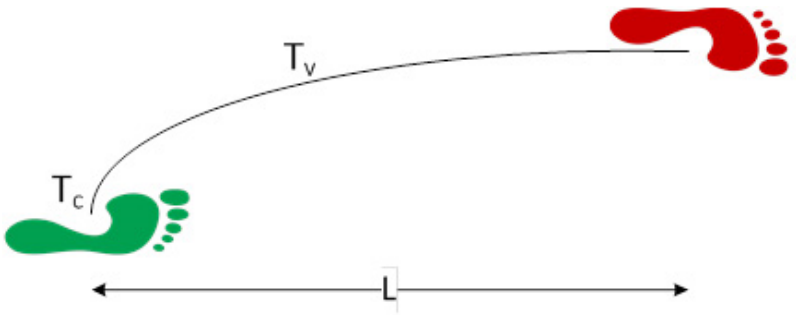
OptoGait-ohjelmistosovellus on osa OptoGait-askelanalyysia. Sovelluksen pystyy lataamaan tietokoneelle OptoGaitin internetsivuilta. Mobiilisovellusta ei ole tällä hetkellä saatavilla. Sovellusta on mahdollisuus käyttää kymmenellä eri kielellä: italiaksi, englanniksi, puolaksi, saksaksi, kiinaksi, japaniksi, suomeksi, venäjäksi, ranskaksi ja ukrainaksi. Ohjelmistosovelluksen sisältö voidaan jakaa kolmeen osioon, jotka ovat testattavan tiedot, testit ja mittaustulokset.

Sovelluksessa pystytään luomaan jokaiselle testattavalle oma profiilinsa. Profiiliin pystyy tallentamaan testattavan perustietoja, kuten ikää, pituutta, painoa, syntymäaikaa ja kengänkokoa. Profiilin luominen helpottaa mittaustuloksien tallentamista käyttäjäkohtaisesti. Tämä helpottaa jatkossa tehtävien testien tuloksien vertailua edellisten testien tuloksiin. Sovelluksessa on myös mahdollista luoda ryhmiä, jos testattavia on useita ja tuloksia halutaan tarkastella myöhemmin ryhmäkohtaisesti.

OptoGait-askelanalyysilla on mahdollista tehdä testattavalle erilaisia testejä. Sovellukseen on määritelty valmiiksi 60 erilaista testiä ja 17 erilaista testiprotokollaa, joista voi valita kyseiselle testattavalle tarvittavan ohjelman. Testeillä on mahdollista kartoittaa esimerkiksi testattavan tasapainoa ja jalkojen räjähtävää voimaa ja kestävyyttä. Sovellukseen on myös mahdollista itse luoda omiin tarpeisiinsa vaadittavia testejä. Testin aikana on mahdollista seurata reaaliaikaisesti testattavan suoritusta. Suoritusta pystyy seuraamaan askel askeleelta. Sovelluksesta voi saada reaaliaikaista dataa joko numeerisessa, graafisessa tai videon muodossa.

Testin jälkeen saatu data tallennetaan kyseisen testattavan profiiliin. Dataa on mahdollista tarkastella ja editoida myöhempää käyttöä varten. Ohjelmisto synkronoi testistä saadun numeerisen ja graafisen datan yhteen videon kanssa. Numeerista tai graafista dataa voidaan verrata videoituun dataan, jolloin voidaan välittömästi havaita erilaisia asento- ja motoriikkaongelmia. Myös kahta eri testiä voidaan vertailla samanaikaisesti. Tämä helpottaa erityisesti urheilijoiden testitulosten kehityksen seuraamista.

Tallennetun testin jälkeen ohjelma laatii myös profiilikohtaisen raportin tehdystä tutkimuksesta. Raportin sisältö riippuu siitä, onko kyseinen testi luokiteltu kävely- vai juoksutestiksi. Raportissa on esitetty tehdyn testin eri parametrejä, kuten askeleen pituus, kontaktiaika ja nopeus. [33.] Esimerkiksi nopeuden ohjelma laskee kuvassa 3 havainnollistetulla tavalla. [34.]



Kuva 3. Nopeuden laskentakaava [34]

Kuvan 3 kaavasta nopeus (V) saadaan askelpituuden (L) ja ensimmäisen kontaktiajan (Tc) ja jalan heilahdusajan (Tv) summan osamäärästä.

Jokaisesta parametristä on ilmoitettu keskiarvoja ja keskihajontaa. Raportissa on myös eroteltu vasemman ja oikean jalan tulokset erilleen, mikä helpottaa esimerkiksi epäsymmetrioiden havaitsemista. Vasemman ja oikean jalan tuloksien prosentuaaliset erot on myös ilmoitettu. Ohjelma kertoo myös, onko saatu tulos viitearvojen mukaiset. [33]

4 Tutkimus

Tässä insinöörityössä selvitettiin OptoGait-järjestelmän reliabiliteettia jääkiekkoilijan testauksessa. Tutkimuksessa tehtiin muutamia luvussa 2.3 mainituista testeistä, minkä myötä selvitettiin OptoGaitin reliabiliteettia ja soveltuvuutta. Tutkimus tehtiin yhteistyössä Kiekko-Vantaan B-junioreiden sekä Sotungin lukion opiskelijoiden kanssa. Tutkimuskysymyksinä olivat: ovatko OptoGaitin testitulokset luotettavia ja miten se soveltuu jääkiekkoilijoiden testeihin.

4.1 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus eli määrällinen tutkimus on empiirinen tutkimus. Se tulkitsee ja kuvaa numeerista tutkimusaineistoa, joka on saatu eri mittausmenetelmillä. Kvantitatiivisen tutkimuksen aineistoa kerätään yleisesti kyselylomakkeen avulla tai muilla menetelmillä, kuten kokeellisilla tutkimuksilla, internetkyselyillä ja erilaisilla haastatteluilla. Kvantitatiivisen tutkimuksen tuloksena syntyy siis numeerista dataa, jota analysoidaan eri tilastollisin analyysimenetelmin, esimerkiksi SPSS-tilastoanalyysiä (Statistical Package for the Social Sciences) hyödyntäen. Kvantitatiivinen tutkimus vastaa kysymyksiin mikä, missä ja kuinka usein jokin tulos ilmenee. [35; 36; 37.] Tässä insinöörityössä saatiin suuri määrä numeerista dataa, jolloin voidaan todeta tutkimuksen olleen kvantitatiivinen.

4.2 Reliabiliteetti

Mittauksissa tapahtuu yleensä kahdenlaisia virheitä, systemaattisia- ja satunnaisvirheitä. Systemaattisia virheitä saattaa syntyä, mikäli esimerkiksi mittausjärjestelyt on järjestetty ja suunniteltu vajavaisesti. Satunnaisvirheitä saattaa syntyä esimerkiksi olosuhteiden muutoksista johtuvista tekijöistä.

Reliabiliteetti eli mittaustulosten luotettavuus kuvastaa tutkimuksessa käytetyn menetelmän luotettavuutta. Reliabiliteetti kuvastaa siis sitä, saadaanko tutkimuksessa sama tulos samoissa olosuhteissa ja samoilla menetelmillä. Menetelmä on silloin reliaabeli, kun siihen eivät vaikuta olosuhteet eivätkä satunnaisvirheet. Reliabiliteetista voidaan erottaa kaksi osatekijää: stabiliteetti ja konsistenssi. Stabiliteetissa on kysymys mittarin

pysyvyydestä ajassa. Epästabiilissa mittarissa ilmenee satunnaisten olosuhteiden ja virheiden vaikutukset helposti. Mittarin pysyvyyttä voidaan tutkia vertailemalla useita ajallisesti peräkkäisiä mittauksia. Suorituksen aikavälin pituus tulisi optimoida oikein, jotta esimerkiksi loikkatutkimuksen suorittaja olisi mahdollisimman samanlaisessa fyysisessä tilassa kuin ensimmäistä suoritusta tehtäessä. Konsistenssissa on kysymys mittarin yhtenäisyydestä eli siitä, mittaako useista väittämistä koostuva, ja kahteen joukkoon jaettu väittämä, mittari samaa asiaa. [37.]

Erästä reliabiliteetin mittaamiseksi käytettävää tunnuslukua kutsutaan Cronbachin ɑ:ksi (alfa). Sillä mitataan mittarin konsistenssia. Cronbachin alfa lasketaan muuttujien välisten keskimääräisten korrelaatioiden ja väittämien lukumäärän perusteella. Alfan ollessa suuri mittarin katsotaan olevan yhtenäinen. Alfan standardoitu estimaatti lasketaan alla olevalla kaavalla:

$$\alpha = \frac{k * \bar{r}}{1 + (k - \bar{r})}$$

Kaavassa

$\bar{r}$ = väittämien välinen keskikorrelaatio eli Pearsonin korrelaatiokertoimien keskiarvo

k = väittämien lukumäärä. [37]

Reliabiliteettiä voidaan laskea myös muillakin menetelmillä. Jatkuvien muuttujien reliabiliteetin laskemiseen hyödynnetään ICC:tä (Intraclass Correlation Coefficient). ICC:n laskemiseen on käytössä monia laskentakaavoja, jotka perustuvat varianssiin. ICC voi saada arvoja 0-1 välillä. Jotkin tilastoanalyysiohjelmistot (esimerkiksi SPSS) voivat antaa ICC:n arvoksi alle nollan. Tämä johtuu siitä, että ICC lasketaan useiden eri varianssikomponenttien summien suhteena. Jotkin ohjelmistot eivät osaa suodattaa negatiivisia variansseja, jolloin ICC-arvo voi mennä yli viitearvojen. Jos ohjelmisto antaa alle nollan tuloksen, niin sitä voidaan pitää samana kuin nolla. [38.] Mitä lähempänä tulos on ykköstä, sitä parempana reliabiliteettia pidetään. Erinomainen ICC:n arvo määritellään sen ollessa >0,9. ICC:n ollessa 0,75-0,9 tulos on hyvä. ICC:n ollessa 0,5-0,75 tulos on

keskinkertainen, ja kun tulos on alle 0,5, pidetään tulosta heikkona. Tässä insinöörityössä reliabiliteetin arvioimiseksi käytetään ICC:tä. [39.]

4.3 Mittausmenetelmät

Tutkimukseen liittyvät testaukset suoritettiin Tikkurilan jäähalleissa Trio Areenalla ja Trio Harjoitushallissa. Testaukset tehtiin yhteistyössä vantaalaisen jääkiekkoseuran Kiekko-Vantaan sekä Sotungin lukion kanssa. Testauksiin osallistui viisi Kiekko-Vantaan B-junioreiden pelaajaa sekä viisi Sotungin lukion B-juniori-ikäistä opiskelijaa. Testattavat pelaajat olivat iältään 16-18-vuotiaita. Jääkiekkoilijoille tehtäviä testejä tehdään sekä jäällä että sen ulkopuolella. Testeiksi valittiin Suomen jääkiekkoliiton luvussa 2.3 listattuja testejä, joita kuitenkin hieman muokattiin, koska insinöörityön aikana OptoGait-järjestelmästä ei ollut käytettävissä sellaista versiota, joilla oltaisiin pystytty testaamaan testeissä vaadittuja asioita. OptoGaitista oli käytettävissä modulaarinen järjestelmä, jossa neljä lähettävää ja neljä vastaanottavaa moduulia oli aseteltu vastakkain.

Tässä tutkimuksessa tehtiin kolme eri testiä: yksi jäällä ja kaksi jään ulkopuolella. Ennen testaushetkien alkua jokaiselle testattavalle kerrottiin, mistä testauksessa on kyse. Jokaiselta testattavalta kysyttiin etunimi, jotta testattaville pystyttiin luomaan OptoGait-ohjelmistosovellukseen oma profiilinsa, milloin testitulosten analysointi olisi helpompaa. Testattaville kuitenkin painotettiin, ettei heidän nimiään tulla mainitsemaan tässä insinöörityössä. Testattavat hyväksyivät mittausmenetelmät, eikä erillistä lupalappua ollut tarpeellista allekirjoittaa.

Jään ulkopuolella tehtiin yhdenjalanloikkatesti ja 4 metrin juoksunopeustesti. Yhdenjalanloikkatestillä voidaan jäljitellä yhdenjalankyykky- sekä 5-loikka -testiä. Yhdenjalanloikkatestissä mitataan jalkojen räjähtävyyttä ja voimantuottoa. 4 metrin juoksunopeustestillä voidaan jäljitellä 30 metrin juoksutestiä. 4 metrin juoksutestissä mitataan jalkojen nopeutta ja räjähtävyyttä. Jäällä tehtiin 4 metrin luistelunopeustesti, jolla voidaan jäljitellä vastaavaan 30 metrillä tehtävään testiin. Testaukseen haluttiin valita kahta eri suuretta mittaavaa testiä (nopeustesti = keskinopeus(m/s), loikkatesti = mitta(cm)), jotta OptoGaitin tulosten luotettavuudesta saadaan monipuolista tietoa.

Tutkimustulosten luotettavuutta mitattaessa tulee saadusta tuloksesta olla myös jokin toinen arvo, mihin vertaillaan saatuja tuloksia. Yhdenjalanloikan pituutta mitattaessa vertailuarvoja saatiin käyttämällä hyödyksi tavallista mittanauhaa. Mittanauha asetettiin OptoGait-järjestelmän viereen. Saaduissa tuloksissa tulee ottaa huomioon mittanauhasta saatujen tuloksien mittaustarkkuus. Juoksu- ja luistelunopeutta mitattaessa vertailuarvoja saatiin Microgaten Witty-valokennoja hyödyntämällä.

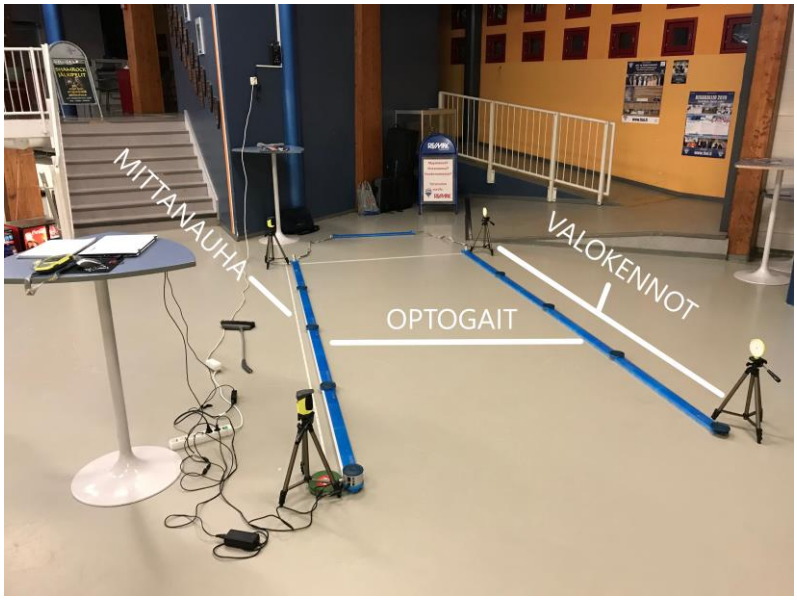
Tutkimukset suoritettiin kahtena eri päivänä. Yhdenjalanloikka- ja 4 metrin juoksunopeustestit suoritettiin Kiekko-Vantaan B-junioreiden harjoitusten yhteydessä torstaina 13.12.2018. 4 metrin luistelunopeustesti suoritettiin Sotungin lukion jääkiekkoa harrastaville opiskelijoille tarjotulla aamujäällä perjantaina 14.12.2018.

4.3.1 Testausasetelma

Yhdenjalanloikka- ja 4 metrin juoksunopeustesti suoritettiin Tikkurilan Trio Areenan käytävällä. Käytävän alustan materiaali oli betonia, jonka päällä oli pinnoite. OptoGait-järjestelmä asennettiin mahdollisimman tasaiseen kohtaan, jotta mittausvirheitä ei tulisi moduulien asentojen epätasaisuuden johdosta. OptoGait asennettiin niin, että neljä signaalia lähettävää moduulia kytkettiin toisiinsa sekä neljä signaalia vastaanottavaa moduulia asennettiin vastapuolelle. OptoGait-järjestelmän virtamoduuleita ei ollut insinöörityötä tehtäessä saatavilla kuin yksi, joten signaalia lähettävät ja vastaanottavat moduulit tuli kytkeä toisiinsa ylimääräisellä lähettävällä moduulilla. Tällä lähettävällä moduulilla ei ollut vaikutusta saatuihin tuloksiin.

Tutkimuksessa 4 metrin juoksutestin vertailtavina arvoina hyödynnetyt Witty-valokennot asennettiin kumpaankin päähän mittausaluetta. Witty-valokennot koostuvat signaalia lähettävästä ja signaalia takaisin heijastavasti osasta. Kumpaankin päähän asennettiin yksi signaalia lähettävä ja yksi signaalia heijastava osa. Valokennot asetettiin OptoGaitin moduulin päätyihin niin, että ne olivat noin moduulin ensimmäisen ja viimeisen anturin kohdassa. Valokennojen tulokset voitiin lukea suoraan Witty-Timer-ajanottolaitteesta. Yhdenjalanloikkatestin vertailtavina arvoina käytetty 10 metrin mittanauha asennettiin OptoGaitin vierelle noin 4 senttimetrin päähän laitteesta. Mittanauhan pää asennettiin samaan kohtaan kuin valokennot. Tutkimussuorituksen lähtöpisteeseen asetettiin myös maalarinteippi, jonka takaa testaajan suoritus alkaisi. Teippi asennettiin myös samaan

kohtaan kuin valokennot. Kokonaisuudessaan yhdenjalanloikka- ja 4 metrin juoksunopeustestin testausasetelma on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Testausasetelma

Neljän metrin luistelunopeustesti suoritettiin Tikkurilan Trio Harjoitushallissa Sotungin lukion oppilaiden jäävuorolla. Laitteisto asennettiin jäälle täysin saman kaavan mukaisesti kuin neljän metrin juoksunopeustestissäkin (kuva 4). Laitteisto asennettiin jäälle välittömästi jäänpuhdistuksen jälkeen, jotta testausalue olisi mahdollisimman tasainen.

4.3.2 Testit

Yhdenjalanloikkatesti suoritettiin niin, että testaaja asettui ensiksi lähtöalueelle maalarinteipin taakse niin, että kengän kärki oli juuri teipin tasolla. Asettumisen jälkeen testaajalle annettiin merkki siitä, että loikan voi suorittaa. Loikka suoritettiin niin, että testaaja seisoi suorassa yhdellä jalalla, josta tiputtautui 90 asteen polvikulmaan eli kuvitteelliseen luisteluasentoon, minkä jälkeen ponnisti niin pitkälle kuin vain pystyi. Testaajille painotettiin sitä, että loikan alastulossa pyrkisivät pitämään tasapainonsa, jolloin ylimääräisiä askeleita ei tulisi. Loikan alastulon jälkeen loikan pituus mitattiin testaajan kantapään kohdalta. Mittanauhasta saatu tulos kirjattiin vihkoon, ja OptoGaitista saatu tulos tallennettiin ohjelmistosovellukseen. Jokainen testaaja suoritti testin 8 kertaa vasemmalla sekä oikealla jalalla eli yhteensä 16 kertaa.

4 metrin juoksunopeustesti suoritettiin niin, että testaaja asettui samanlailla lähtöalueelle kuin loikkatestissäkin. Testaaja sai itse valita lähtöasentonsa, kunhan pitäisi saman lähtöasennon jokaisella testikerralla. Testaajalle painotettiin myös vauhdin kasvattamista läpi suorituksen, jolloin pyrkisivät välttämään ns. kurottautumista valokennojen yli. Testaajan ollessa lähtövalmis testaajalle annettiin merkki, jonka jälkeen testin sai suorittaa. Valokennoista saatu tulos kirjattiin vihkoon, ja OptoGaitista saatu tulos tallennettiin ohjelmistosovellukseen. Jokainen testaaja suoritti testin 8 kertaa.

Yhdenjalanloikka- ja 4 metrin juoksutesti suoritettiin viiden ryhmässä. Tällöin jokaisen palautumisaika vaihteli kahdesta kolmeen minuuttiin.

4 metrin luistelunopeustesti tehtiin saman kaavan mukaisesti kuin juoksutestikin, mutta se tehtiin jäällä. Luistelunopeustestiin osallistui 5 testaajaa. Luistelutestejä ei tehty ryhmässä, jolloin suorituksen jälkeinen palautusaika oli lyhyempi. Jokainen testaaja suoritti testin 10 kertaa.

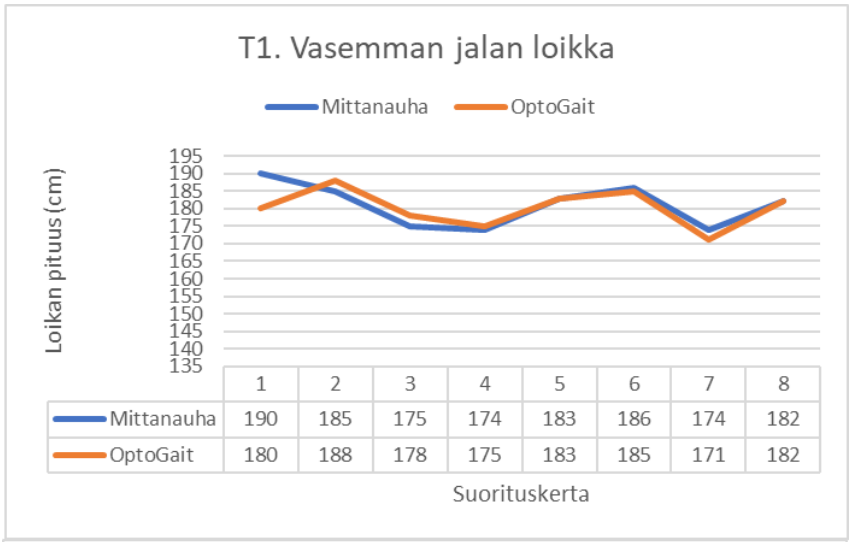
5 Tutkimustulokset

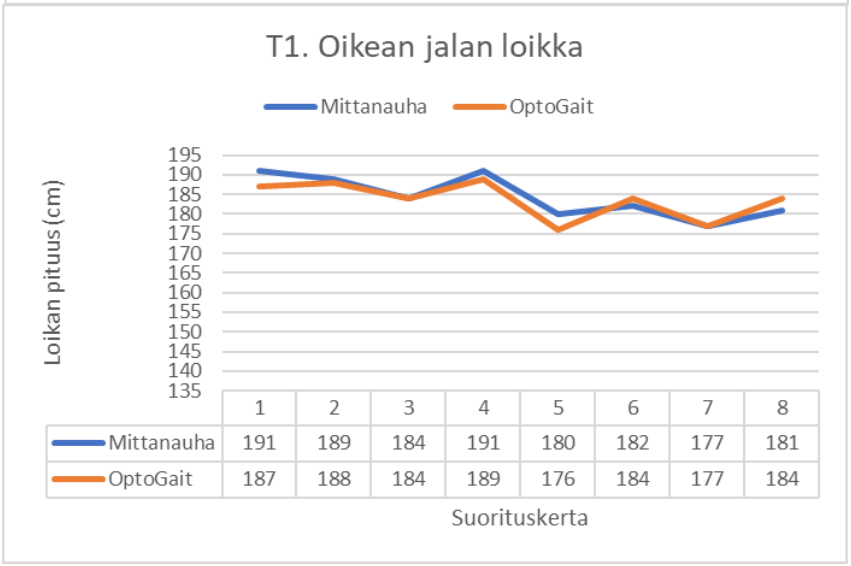
Tässä luvussa käydään läpi saatuja testituloksia. Jokaisesta testistä on luotu testaajakohtaisia taulukoita. Testituloksista on eroteltu vaihteluväli sekä pienin ja suurin OptoGaitin ja vertailtavan arvon välinen erotus.

5.1 Loikkatesti

Loikkatestiin osallistui 5 henkilöä. Jokainen suoritti testin kahdeksan kertaa kummallakin jalalla. Tutkimustuloksia saatiin siis yhteensä 80 kappaletta. Tässä luvussa käydään läpi loikkatesteissä saadut tulokset. Testiin osallistuneiden nimiä ei mainita tässä raportissa, vaan jokaiselle on annettu oma tunnuksensa, esimerkiksi testaaja 1 = T1. Jokaisella testaajalla oli noin kahden minuutin tauko jokaisen suorituksen välissä, jotta palautuminen edellisestä suorituksesta olisi optimaalinen.

Kuviossa 1 on havainnoitu testaajan 1 vasemman ja oikean jalan loikan tuloksia. Kuviosta nähdään, että T1:n tulosten suuruus vaihtelee melko huomattavasti. Vasemman jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 16 cm mittanauhalla ja 17 cm OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui ensimmäisellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 10 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta vasemman jalan tuloksesta tapahtui viidennellä sekä kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0 cm. Oikean jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 14 cm mittanauhalla ja 13 cm OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta tuloksesta tapahtui ensimmäisellä ja viidennellä loikalla, jolloin erotus oli 4 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta tuloksesta tapahtui kolmannella sekä seitsemännellä loikalla, jolloin erotus oli 0 cm.

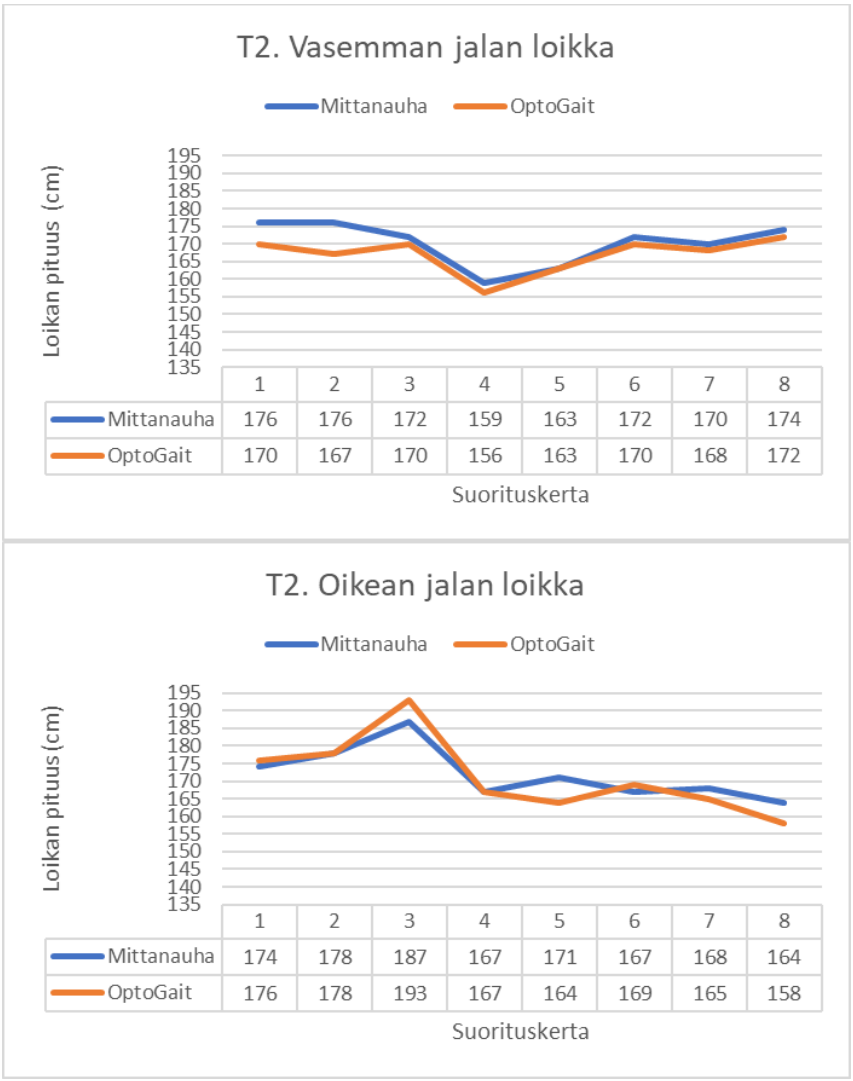




Kuvio 1. T1:n vasemman ja oikean jalan loikkien tulokset

Kuviossa 2 on havainnoitu testaajan 2 vasemman ja oikean jalan loikan tuloksia. Kuviosta nähdään, että T2:n tuloksissa tapahtui ajoittain pieniä huippuja ja notkahduksia. Vasemman jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 17 cm mittanauhalla ja 14 cm OptoGaitilla mitatuilla tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella suorituskerralla, jolloin erotus oli 9 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0 cm. Oikean jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 23 cm mittanauhalla ja 35 cm OptoGaitilla saaduissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 7 cm. Pienin

erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella sekä neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0 cm.



Kuvio 2. T2:n vasemman ja oikean jalan loikkien tulokset

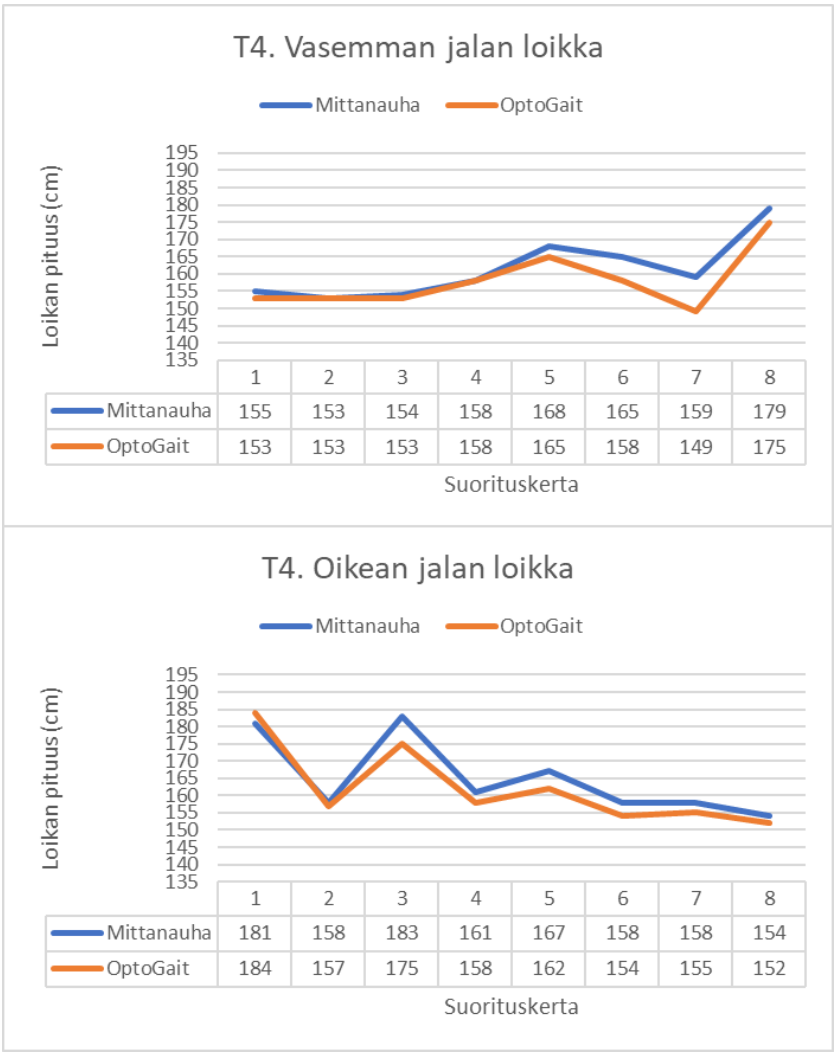
Kuviossa 3 on havainnoitu testaajan 3 vasemman ja oikean jalan loikan tuloksia. Kuviosta nähdään, että T3:n vasemman ja oikean jalan tuloksissa on isoja eroja. Vasemman jalan loikkien tulokset ovat paljon tasaisempia kuin oikean jalan loikkien tulokset. Vasemman jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 13 cm mittanauhalla sekä OptoGaitilla saaduissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui kolmannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 7 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan

tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0 cm. Oikean jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 33 cm mittanauhalla ja 55 cm OptoGaitilla saaduissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella suorituskerralla, jolloin erotus oli 13 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 1 cm.

Kuvio 3. T3:n vasemman ja oikean jalan loikkien tulokset

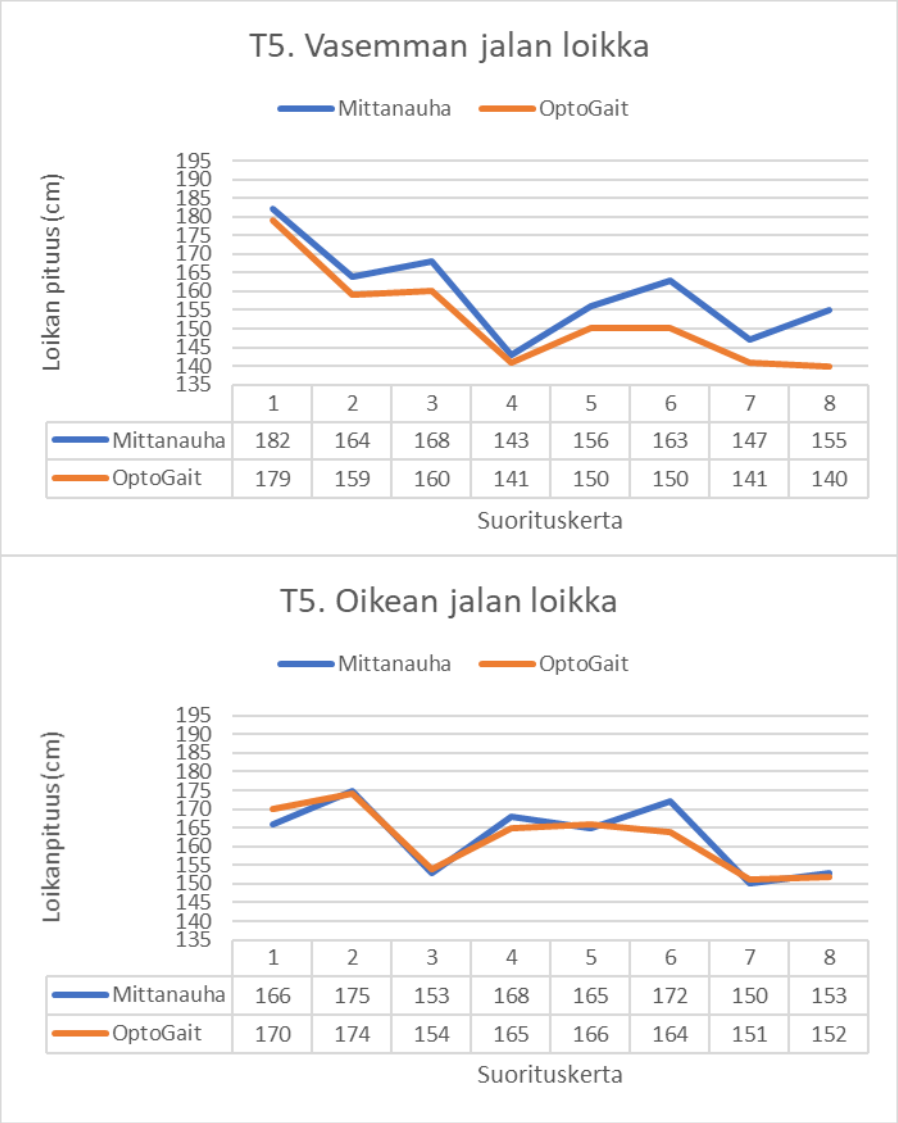
Kuviossa 4 on havainnoitu testaajan 4 vasemman ja oikean jalan loikan tuloksia. Kuviosta nähdään, että T4:n vasemman jalan loikan tulokset muistuttavat nousevaa käyrää, kun taas oikean jalan laskevaa käyrää. Vasemman jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan

välinen erotus oli 26 cm mittanauhalla sekä OptoGaitilla saaduissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui seitsemännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 10 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella sekä neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0 cm. Oikean jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 29 cm mittanauhalla ja 32 cm OptoGaitilla saaduissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui kolmannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 8 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista saadusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella suorituskerralla, jolloin erotus oli 1 cm.



Kuvio 4. T4:n vasemman ja oikean jalan loikkien tulokset

Kuviossa 5 on havainnoitu testaajan 5 vasemman ja oikean jalan loikan tuloksia. Kuviosta nähdään, että T5:n kummankin jalan loikkien tulokset muistuttavat kutakuinkin laskevaa käyrää. Vasemman jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 39 cm mittanauhalla sekä OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 15 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta vasemman jalan loikan tuloksesta tapahtui neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 2 cm. Oikean jalan lyhyimmän ja pisimmän loikan välinen erotus oli 25 cm mittanauhalla ja 22 cm OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui kuudennella suorituskerralla, jolloin erotus oli 8 cm. Pienin erotus mittanauhasta ja OptoGaitista mitatusta oikean jalan loikan tuloksesta tapahtui toisella, kolmannella, viidennellä, seitsemännellä sekä kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 1 cm.

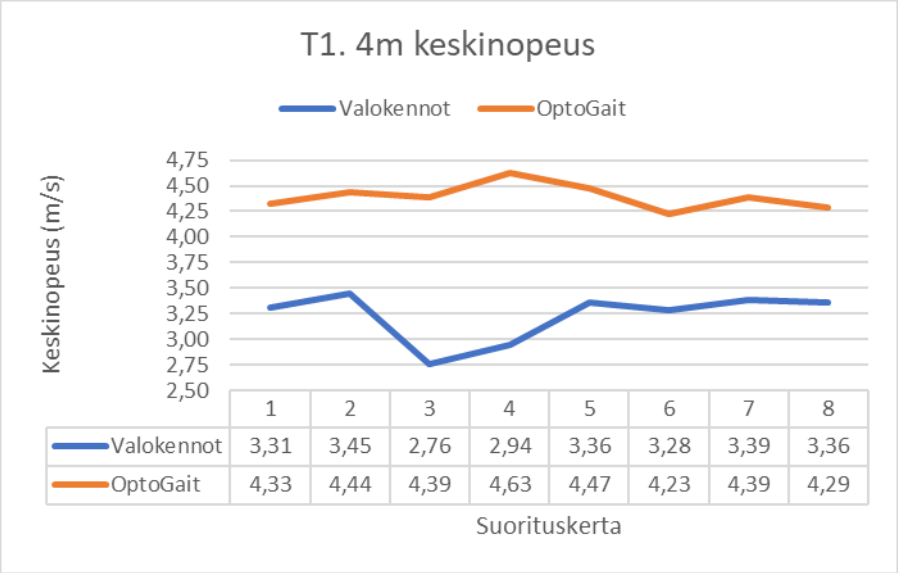


Kuvio 5. T5:n vasemman ja oikean jalan loikkien tulokset

5.2 Juoksutesti

Juoksutestiin osallistuivat samat henkilöt kuin loikkatesteihin. Jokainen testaaja suoritti testin kahdeksan kertaa. Tutkimustuloksia saatiin siis yhteensä 40 kappaletta. Tässä kappaleessa käydään läpi juoksutestien tulokset. Tulokset esitetään keskinopeutena, koska OptoGaitissa ei ole sellaista toimintoa, joka mittaisi pelkästään aikaa. Valokennoista saadut tulokset ovat muutettu keskinopeudeksi matkan ja siihen käytetyn ajan osamäärästä.

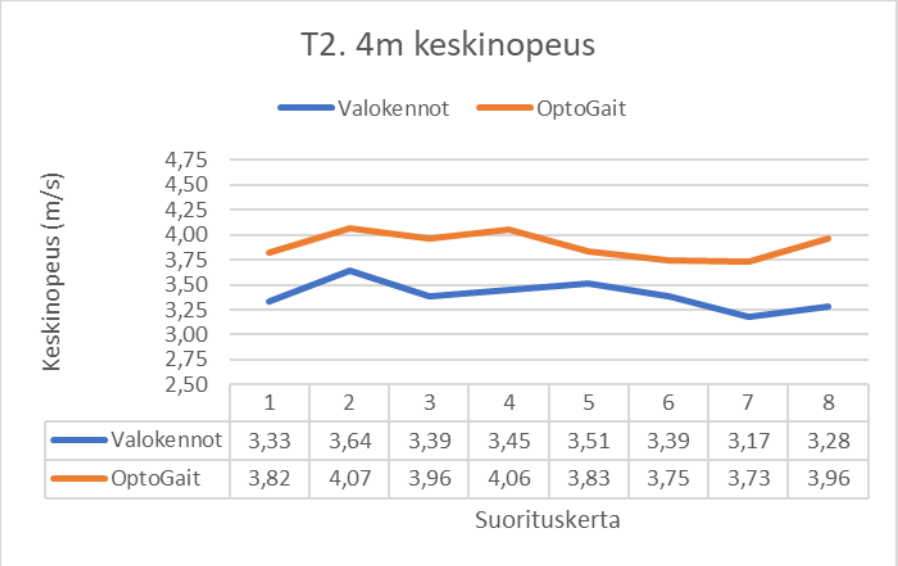
Kuviossa 6 on havainnoitu T1:n 4 metrin juoksutestin tuloksia. Juoksutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,69 m/s valokennoilla ja 0,40 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 1,69 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,95 m/s.



	1	2	3	4	5	6	7	8
Valokennot	3,31	3,45	2,76	2,94	3,36	3,28	3,39	3,36
OptoGait	4,33	4,44	4,39	4,63	4,47	4,23	4,39	4,29

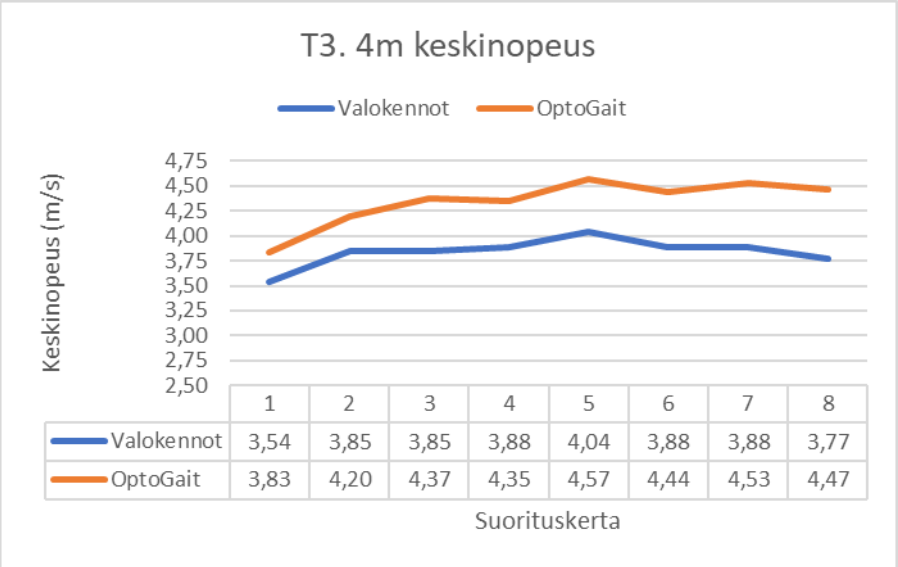
Kuvio 6. T1:n juoksutestien tulokset

Kuviossa 7 on havainnoitu T2:n 4 metrin juoksutestin tuloksia. Juoksutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,47 m/s valokennoilla ja 0,34 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,68 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,32 m/s.



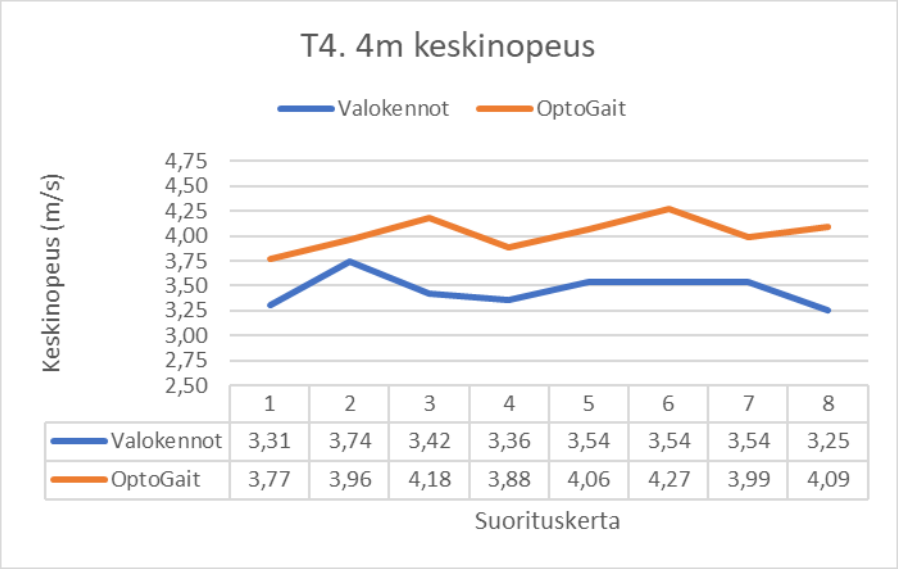
Kuvio 7. T2:n juoksutestien tulokset

Kuviossa 8 on havainnoitu T3:n 4 metrin juoksutestin tuloksia. Juoksutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,50 m/s valokennoilla ja 0,74 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,70 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui ensimmäisellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,29 m/s.



Kuvio 8. T3:n juoksutestien tulokset

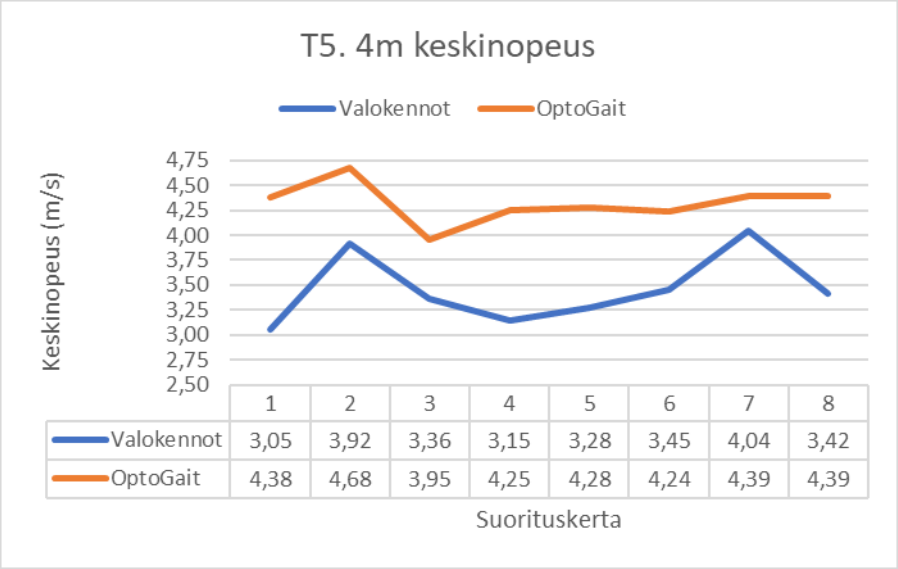
Kuviossa 9 on havainnoitu T4:n 4 metrin juoksutestin tuloksia. Juoksutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,49 m/s valokennoilla ja 0,50 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,84 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui toisella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,22 m/s.



	1	2	3	4	5	6	7	8
Valokennot	3,31	3,74	3,42	3,36	3,54	3,54	3,54	3,25
OptoGait	3,77	3,96	4,18	3,88	4,06	4,27	3,99	4,09

Kuvio 9. T4:n juoksutestien tulokset

Kuviossa 10 on havainnoitu T5:n 4 metrin juoksutestin tuloksia. Juoksutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,99 m/s valokennoilla ja 0,73 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui ensimmäisellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 1,33 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui seitsemännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,35 m/s.



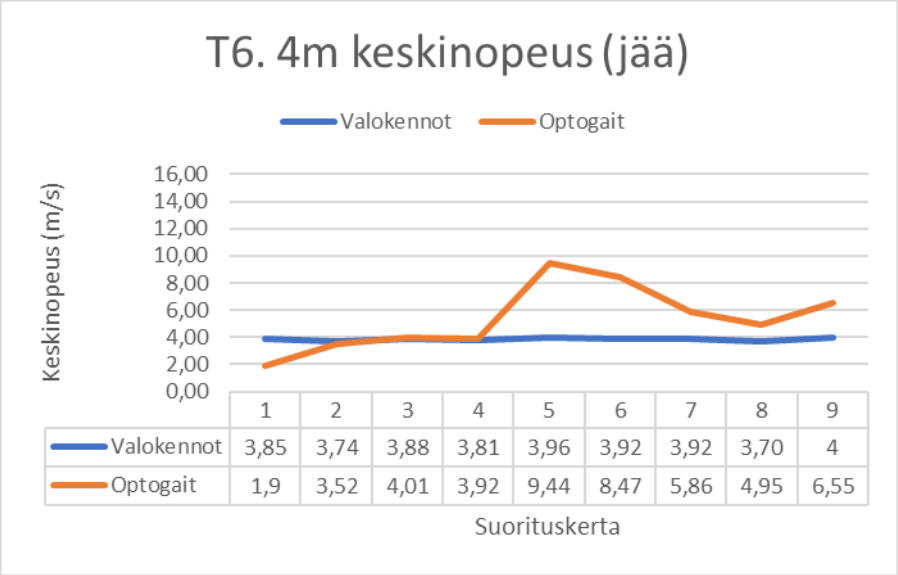
	1	2	3	4	5	6	7	8
Valokennot	3,05	3,92	3,36	3,15	3,28	3,45	4,04	3,42
OptoGait	4,38	4,68	3,95	4,25	4,28	4,24	4,39	4,39

Kuvio 10. T5:n juoksutestien tulokset

5.3 Luistelutesti

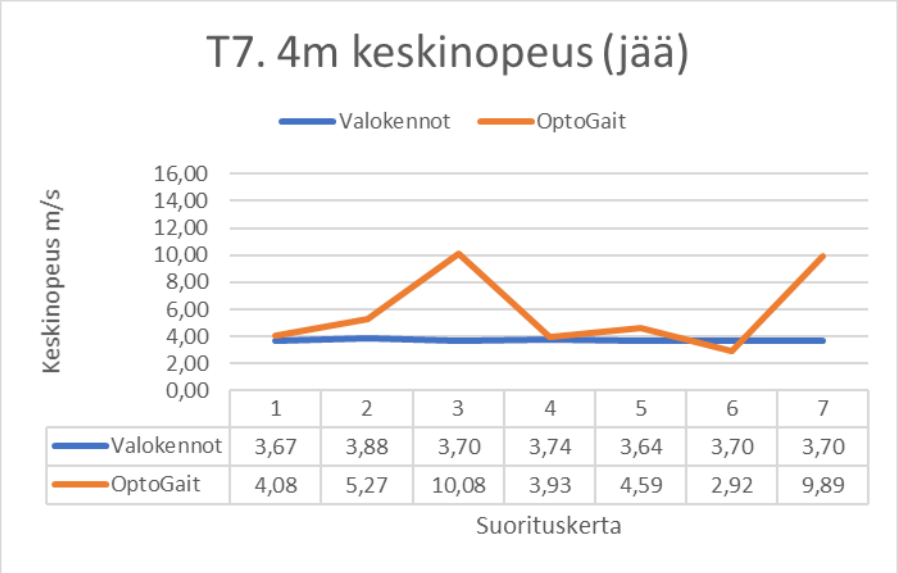
Luistelutesti suoritettiin Sotungin lukion opiskelijoilleen tarjoamalla jäävuorolla. Luistelutestiin osallistui viisi henkilöä. Luistelutestiin ei kuitenkaan osallistunut aiempiin testeihin osallistuneita pelaajia, joten jokaiselle pelaajalle luotiin oma tunnuksensa. Jokainen testaaja suoritti testin 10 kertaa. Tuloksia tarkasteltaessa huomattiin, ettei OptoGait ollut saanut joissain suorituksissa dataa luistelusta, milloin tulos näytti pelkkää nollaa. Tästä syystä osalla testaajista on enemmän testituloksia kuin toisilla. Testituloksia saatiin kuitenkin yhteensä 42 kappaletta.

Kuviossa 11 on havainnoitu T6:n 4 metrin luistelutestin tuloksia. Luistelutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,30 m/s valokennoilla ja 7,54 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 5,48 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,11 m/s.



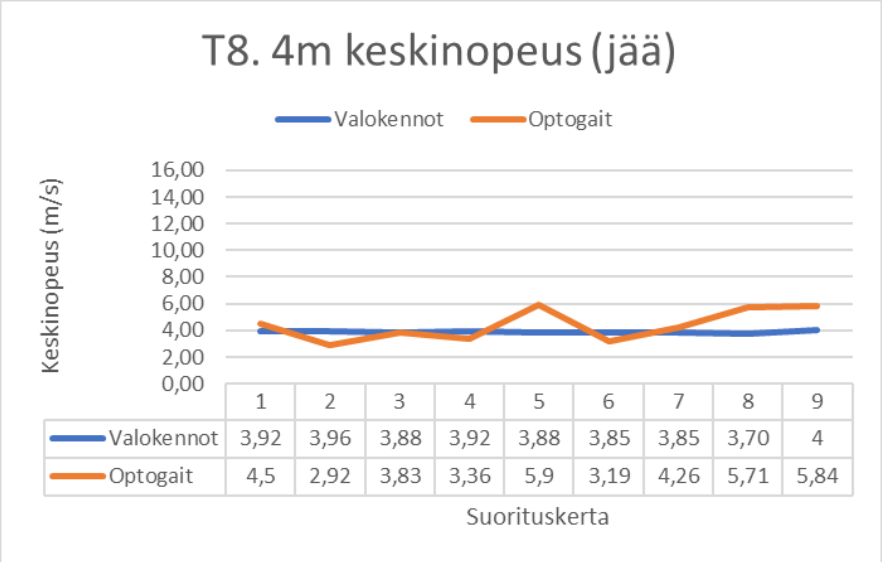
Kuvio 11. T6:n luistelutestin tulokset

Kuviossa 12 on havainnoitu T7:n 4 metrin luistelutestin tuloksia. Luistelutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,24 m/s valokennoilla ja 7,16 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kolmannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 6,38 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui neljännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,19 m/s.



Kuvio 12. T7:n luistelutestin tulokset

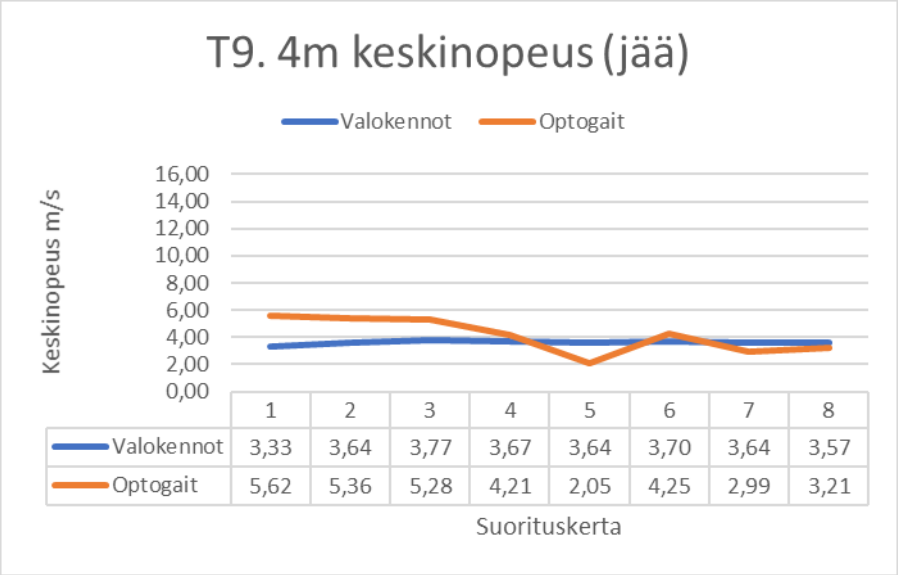
Kuviossa 13 on havainnoitu T8:n 4 metrin luistelutestin tuloksia. Luistelutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,15 m/s valokennoilla ja 2,92 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 2,02 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kolmannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,05 m/s.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valokennot	3,92	3,96	3,88	3,92	3,88	3,85	3,85	3,70	4
Optogait	4,5	2,92	3,83	3,36	5,9	3,19	4,26	5,71	5,84

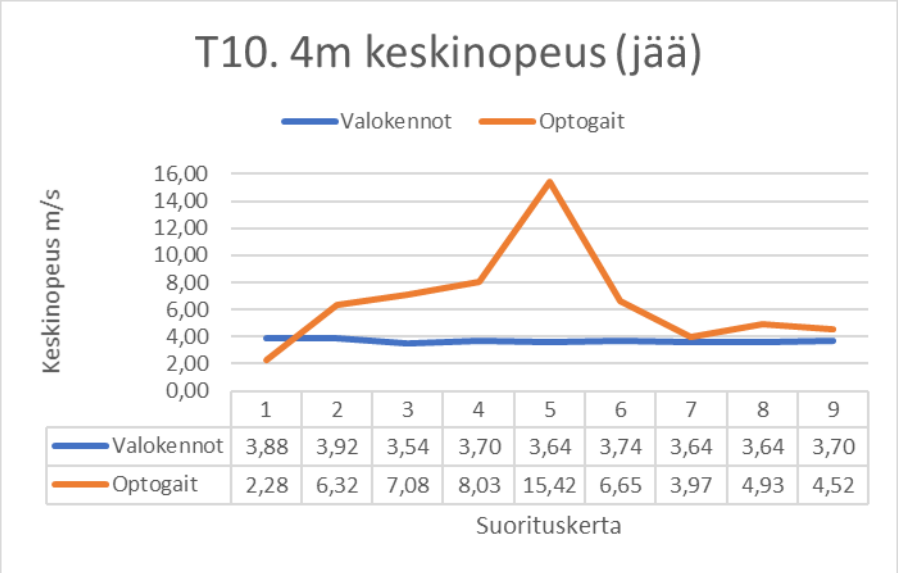
Kuvio 13. T8:n luistelutestin tulokset

Kuviossa 14 on havainnoitu T9:n 4 metrin luistelutestin tuloksia. Luistelutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,44 m/s valokennoilla ja 3,57 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui ensimmäisellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 2,29 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui kahdeksannella suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,36 m/s.



Kuvio 14. T9:n luistelutestin tulokset

Kuviossa 15 on havainnoitu T10:n 4 metrin luistelutestin tuloksia. Luistelutestin pienimmän ja suurimman keskinopeuden välinen erotus oli 0,38 m/s valokennoilla ja 13,14 m/s OptoGaitilla mitatuissa tuloksissa. Suurin erotus valokennoista ja OptoGaitista saadusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui viidennellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 11,78 m/s. Pienin erotus valokennosta ja OptoGaitista mitatusta keskinopeuden tuloksesta tapahtui seitsemännellä suorituskerralla, jolloin erotus oli 0,33 m/s.



Kuvio 15. T10:n luistelutestin tulokset

6 Tulosten analysointi

Insinöörityössä tehdyn tutkimuksen tuloksien reliabiliteettia analysoitiin käyttämällä SPSS-tilastoanalyysiohjelmistoa. OptoGaitin soveltuvuutta arvioitiin teorian, käyttökokemuksen sekä tulosten reliabiliteettien perusteella.

6.1 Tulosten reliabiliteetti

OptoGaitista saatujen tutkimustulosten luotettavuutta voidaan arvioida tarkasti vain, jos vertailtavat arvot ovat luotettavia. Yhden jalan loikkatesteissä vertailtavia arvoja saatiin käyttämällä mittanauhaa. Mittanauhasta saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina, mutta mittausvirheitä voi mahdollisesti esiintyä. Muutamalla testaajalla oli loikkatestien aikana vaikeuksia pitää tasapainoaan loikan alastulossa. Huonosta tasapainosta johtuen testaaja joutui ottamaan tasapainottavan askeleen eteenpäin. Mittaustulos kuitenkin pyrittiin ottamaan siitä kohtaa, jossa testaaja tuli ensin alas. Tästä syystä mittausvirheitä saattoi esiintyä, mikä saattaa vaikuttaa tutkimustuloksien reliabiliteettiarvoihin. Juoksu- ja luistelunopeustesteissä vertailtavia arvoja saatiin käyttämällä Microgaten Witty-valokennoja. Valokennoista saatuja tuloksia voidaan pitää erittäin luotettavana. Valokennot tallentavat saadun tuloksen tuhannesosan tarkkuudella, vaikka kennojen välillä esiintyisi häiriötekijöitä [40].

Yhden jalan loikkatesteistä saatiin yhteensä 80 tulosta OptoGaitilla sekä mittanauhalla. Yhden jalan loikkatestien tuloksista nähdään, että tuloksien vaihteluväli oli melko suuri lähes kaikilla testaajilla. Testituloksista tehdyt kuvaajat muistuttavat lähes kaikilla laskevaa kuvaajaa. Tarkasteltaessa yleisesti loikkatestien tuloksia ja kuvaajia, nähdään, että OptoGaitista ja mittanauhasta saadut tulokset osuvat suurimmaksi osaksi yhteen, eikä suurempia eroavaisuuksia ole kuin muutama. Suurin eroavaisuus 80 loikasta oli 15 cm ja keskiarvoinen erotus 3,7 cm. Täten voidaan todeta, että OptoGaitista saadut tulokset ovat melko lähellä mittanauhasta saatuihin tuloksiin verrattuna.

4 m juoksutestissä saatiin yhteensä 40 tulosta OptoGaitilla sekä vertailuarvoina hyödyksi käytetyillä valokennoilla. Juoksutestien tuloksien kuvaajista nähdään, että OptoGaitista saadut tulokset ovat kauttaaltaan suurempia kuin valokennoista saadut tulokset. Kuvioista kuitenkin nähdään se, että OptoGaitin sekä valokennojen kuvaajat muistuttavat

järjestään toisiaan, vaikka tulokset eivät olekaan samoja. Voidaan uskoa, että OptoGaitin mittaustarkkuus tämän testin aikana johtuu siitä, että juoksumatka on niin lyhyt. Juoksumatkan ollessa niin lyhyt ei testaaja ehdi montaa askelta ottamaan testin aikana, jolloin OptoGaitilla on vain vähän dataa analysoitavana. 4 m juoksutestin testituloksia tarkasteltaessa huomattiin myös, että kun OptoGaitilla on vähän dataa analysoitavana, laite ilmoittaa todella suuren vaihteluvälin saadulle tulokselle. Lähes kaikilla suorituskerroilla OptoGait oli antanut saadulle tulokselle vielä mittaustarkkuudeksi ± 0,5-1,5 m/s arvon. Tämä tulee ottaa huomioon reliabiliteettiarvoja analysoitaessa. Mittaustarkkuus mahdollisesti parantuisi, mikäli juoksumatkaa suurennettaisiin, jolloin analysoitavaa dataa olisi enemmän.

4 m:n luistelutestissä saatiin yhteensä 42 tulosta OptoGaitilla sekä vertailuarvoina hyödyksi käytetyillä valokennoilla. Luistelutestien tuloksien kuvaajista nähdään, että OptoGaitin tulokset ovat suurimmaksi osaksi liian suuria, eivätkä tehdyt kuvaajatkaan muistuta lainkaan toisiaan. Muutamilla suorituskerroilla OptoGaitin tulos oli todella epätarkka. Jääkiekkoilijan luistelu eroaa tavallisesta juoksusta niin, että luistelupotkussa terä liukuu jäätä pitkin, toisin kuin juoksussa, jossa askel ei liu'u. Luistelutestin tuloksia tarkasteltaessa huomattiin, että OptoGait ei osannut tarkasti analysoida liukuvaa liikettä. Joissain tuloksissa oli kerrottu, että 4 metrin aikana testaaja olisi ehtinyt ottamaan kahdeksan luistelupotkua, mutta OptoGait olisi pystynyt taltioimaan niistä vain kaksi. Luistelutestissä OptoGaitin mittaustarkkuus vaihteli suuresti. OptoGait antoi luistelutestissä juoksutestin mukaisesti suuria vaihteluvälejä tuloksille. Mittaustarkkuus vaihteli ±0,5-8,63 m/s. Tämä tulee ottaa myös huomioon reliabiliteettiarvoja analysoitaessa.

Tutkimustuloksien reliabiliteettia analysoitiin käyttämällä hyödyksi SPSS-tilastoanalyysiohjelmistoa. Jokaisen testaajan tuloksien reliabiliteetit laskettiin erikseen. Jokaisen testin keskiarvoinen reliabiliteetti on myös laskettu. Kaikki reliabiliteettiarvot on ilmoitettu taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimustulosten reliabiliteetit

Tutkimustulosten reliabiliteetit (ICC)				
Testaaja	Vas.loik	Oik.loik	4m. nop.	4m. luis.
T1.	0,86	0,94	-0,03	
T2.	0,87	0,95	0,15	
T3.	0,70	0,93	0,29	
T4.	0,92	0,92	0,05	
T5.	0,90	0,96	0,15	
T6.				0,07
T7.				-0,00(0)
T8				-0,06(0)
T9.				-0,08(0)
T10.				-0,03(0)
ka.	0,85	0,95	0,12	-0,01 (0)

Luvussa 4.2 määriteltiin ICC-arvot. Todettiin, että ICC voi saada arvoja 0-1 välillä, mutta jotkin tilastoanalyysiohjelmistot voivat antaa myös ICC:n arvoksi alle nollan. Alle nollan olevia tuloksia voidaan pitää samana kuin nollaa. Erinomaisen ICC:n arvo määritellään sen ollessa >0,9. ICC:n ollessa 0,75-0,9 tulos on hyvä. ICC:n ollessa 0,5-0,75 tulos on keskinkertainen, ja kun tulos on alle 0,5, pidetään tulosta heikkona.

Vasemman jalan loikkien reliabiliteettiarvot vaihtelivat keskinkertaisesta erinomaiseen (0,70-0,92). Vasemman jalan loikkien reliabiliteettien keskiarvo oli 0,85, eli ICC oli hyvä. Oikean jalan loikkien reliabiliteettiarvot sijoittuivat välille 0,92-0,96, jolloin reliabiliteettien keskiarvo sijoittuu erinomaiseen arvoon (0,94).

4 m:n juoksunopeustestien reliabiliteettiarvot olivat kaikki heikkoja (-0,03 – 0,29). 4 m:n juoksunopeustestien reliabiliteettien keskiarvo oli 0,12. Juoksutestien reliabiliteettiarvoissa tuli kuitenkin ottaa huomioon OptoGaitin tuloksien mittaustarkkuus. Täten tätä heikkoa ICC-arvoa ei voida pitää täysin totena, vaan jatkotutkimuksia tulisi tehdä.

4 m:n luistelunopeustestien reliabiliteettiarvot olivat kaikki heikkoja (-0,08-0,07). 4 m:n luistelunopeustestien reliabiliteettien keskiarvo oli -0,01. OptoGaitista ei tiedetty alun

perin, osaako se tuottaa dataa liukuvasta liikkeestä. OptoGaitin tuloksien mittausvirheiden suuruudesta johtuen voidaan todeta, että OptoGait ei kykene saamaan luotettavaa dataa liukuvasta liikkeestä.

6.2 Soveltuvuus jääkiekkoilijan testauksessa

OptoGaitin soveltuvuutta arvioitiin teorian, käyttökokemusten sekä tutkimustulosten reliabiliteettien perusteella.

OptoGaitilla on mahdollisuus mitata todella monia eri parametreja. Eri lajien urheilijoiden testauksissa halutaan selvittää sille urheilulajille ominaisia parametrejä. Esimerkiksi lentopalloilijoiden juoksunopeustestiä ei pidetä niin tärkeänä kuin hyppykorkeustestiä. Luvussa 2.3 kerrottiin Suomen Jääkiekkoliiton laatimia testejä 15–20-vuotiaille junioreille sekä Liiga- ja Mestis-joukkueille. Testit olivat yhdenjalankyykky-, leuanveto-, vatsalihas-, nopeuskestävyys-, 5-loikka-, juoksunopeus (30 m) -, luistelunopeus (30 m) -, juoksukestävyys (30 min) - sekä luistelukestävyystesti (500 m). Näissä jääkiekkoilijoille ominaisissa testeissä mitataan suorituskertoja, pituutta, matkaa sekä aikaa. Muissa jääkiekkoilijoille ominaisissa testeissä voidaan mitata esimerkiksi lihaksen venyvyyttä, hapenottokykyä sekä lajitaitoja. Testin tulosten luotettavuus on kuitenkin tärkeää, jotta pystytään tarkasti arvioimaan urheilijan suorituskyky.

OptoGaitilla mitattavat parametrit voidaan jakaa kolmeen eri osioon: pituus-, aika- sekä nopeusparametreihin. Pituusparametrit OptoGait ilmoittaa senttimetreissä, aikaparametrit sekunteina ja nopeusparametrit m/s-muodossa. OptoGaitissa ei ole sellaista ominaisuutta, joka mittaisi suorituskertoja. Tällöin voidaan todeta, ettei OptoGait sovellu yhdenjalankyykky-, leuanveto- ja vatsalihastesteihin. Näissä testeissä ei muutenkaan olisi kovin järkevää käyttää teknologiaa hyödyksi, koska suorituskerrat on helpompi laskea itse. Tässä insinöörityössä tehtiin tutkimus, jossa mitattiin OptoGaitia hyödyntäen pituus- ja nopeusparametrejä. Edellä mainittiin, että jääkiekkoilijoiden testeissä ei yleensä mitata nopeutta vaan aikaa. OptoGaitilla ei kuitenkaan suoranaisesti ole mahdollista mitata aikaa, mutta jos mitattavan alueen pituus on selvillä, voidaan aika laskea alueen pituuden ja saadun keskinopeuden osamäärästä.

Jääkiekkoilijoille tehtävässä 5-loikka-testissä mitataan viiden loikan yhteispituutta. Insinöörityössä jäljiteltiin 5-loikka-testiä tekemällä yhden jalan loikkatesti. Yhden jalan loikkatestien tulosten reliabiliteettiarvot olivat suurimmaksi osaksi erinomaisia. Tällöin voidaan todeta, että OptoGait olisi mainio apuväline mittaamaan 5-loikkaa. Jääkiekkoilijoille tehdään testejä vähintään kaksi kertaa kauden aikana. OptoGaitin ohjelmistosovellukseen tallennetut tulokset myös helpottavat tuloksien vertailua eri testikertojen välillä. Lisäksi OptoGait ilmoittaa 5-loikassa jokaisen loikan pituuden erikseen, jolloin voitaisiin tutkia jääkiekkoilijan jalkojen puolieroja.

Insinöörityössä tehdyn 4 metrin juoksunopeustestillä jäljiteltiin vastaavaan 30 metrin testiin. 4 metrin juoksunopeustestien tulosten reliabiliteettiarvot olivat heikkoja, mutta tuloksia analysoitaessa todettiin, että reliabiliteettiarvot olisivat mahdollisesti olleet parempia, jos mitattava matka olisi ollut pidempi. Jälkikäteen ajateltuna nopeuskestävyystestin avulla olisi saatu parempaa informaatiota nopeusparametrin reliabiliteetista. Mikäli OptoGaitia haluaisi hyödyntää 30 metrin juoksutestissä, tulisi asentaa vähintään 60 moduulia (30 signaalia lähettävää ja 30 signaalia vastaanottavaa). Asentamisessa kuluisi tällöin todella paljon aikaa.

Insinöörityössä tehdyn 4 metrin luistelunopeustestillä jäljiteltiin vastaavaan 30 metrin testiin. 4 metrin luistelunopeustestien tulosten reliabiliteettiarvot olivat todella heikkoja. Tällöin tutkimustulosten luotettavuutta ei voida taata. Luistelunopeustestin aikana ilmeni myös ongelmia. Kesken testien OptoGait ilmoitti ajoittain, että tuloksia ei pysty saamaan. Moduuleissa paloi punainen valo, mikä tarkoitti, että moduulien välillä on häiriöitä. Testaajan luistellessa mitattavalla alueella, jään pinnalle muodostui pieniä lumikasoja ja jäänpalasia. Mittausaluetta jouduttiin lähes joka viidennen suorituskerran jälkeen putsaamaan harjalla. Mikäli testiä tehtäisiin 30 metrin matkalla, olisi alueen putsaaminen vaikeaa sekä aikaa vievää.

30 minuutin juoksukestävyystesti tehdään yleensä 400 metrin urheiluradalla. OptoGaitista ei ole sellaista versiota, joka mahdollistaisi moduulien taivuttamisen. Juoksukestävyystestiä ei myöskään olisi mahdollista suorittaa juoksumatolla, koska juoksumattointegraatiossa OptoGait ei anna nopeusarvoja. Täten OptoGait ei sovellu juoksukestävyystestiin. 500 metrin luistelukestävyystesti tehdään jääkiekkokaukalossa. Tämä testi vaatisi myös taipuvia moduuleita, joten OptoGait ei sovellu luistelukestävyystestiinkään. OptoGaitin soveltuvuus testikohtaisesti on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Soveltuvuus testaukseen

Soveltuvuus		
Testi	Kyllä	Ei
Yhdenjalankyykky		X
Leuanveto		X
Vatsalihas		X
Nopeuskestävyys	X	
5-loikka	X	
Juoksunopeus 30 m	X	
Luistelunopeus 30 m		X
Juoksukestävyys 30 m		X
Luistelukestävyys 500 m		X

OptoGaitin soveltuvuus jääkiekkoilijan testaukseen on kaksijakoinen: monia testejä pystyy tekemään, mutta onko se järkevää. Tässäkin insinöörityössä hyödynnettyjä valokennoja käytetään monissa seuroissa testitulosten tallentamiseksi. Valokennot ovat nopea asentaa, eikä niitä käytettäessä ole tarpeellista olla kovin tasaista maanpintaa. OptoGait kuitenkin soveltuisi parhaiten loikkatesteihin sen mittaustarkkuuden sekä vähäisten moduulien asentamisen takia.

7 Yhteenveto

Insinöörityön aiheena oli selvittää OptoGait-askelanalyysilaitteiston tuloksien reliabiliteettia ja soveltuvuutta jääkiekkoilijoiden testauksissa. Työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun liikelaboratoriolle. OptoGait on kahdesta tai useammasta metrin mittaisesta moduulista koostuva laitteisto. Nämä moduulit muodostavat mittausalueen, jossa haluttuja testejä suoritetaan. OptoGaitista saatuja tuloksia voi tarkastella OptoGaitin ohjelmistosovelluksesta.

OptoGaitin tulosten reliabiliteetin ja soveltuvuuden arvioimiseksi tehtiin kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimuksessa tehtiin OptoGaitia hyödyntäen kolme eri fyysistä suorituskykyä mittaavaa testiä. Testeiksi valittiin Suomen Jääkiekkoliiton suosittelemia testejä, joita muokattiin OptoGait-laitteiston rajallisuuden johdosta. Testit olivat yhden jalan loikkatesti, 4 m:n juoksunopeustesti ja 4 m:n luistelunopeustesti. Nämä testit valittiin siksi, jotta voidaan tarkastella kahta eri OptoGaitista saatavaa parametria: pituutta ja nopeutta. Yhteensä tutkimustuloksia saatiin yhteensä 162 kappaletta. Tutkimus tehtiin yhteistyössä Kiekko-Vantaan B-junioreiden sekä Sotungin lukion kanssa. Tutkimuksiin osallistui yhteensä 10 pelaajaa.

Tutkimustulosten reliabiliteettia laskettiin käyttämällä SPSS-tilastoanalyysiohjelmistoa. Tulosten reliabiliteetin arvioimiseksi käytettiin ICC:tä. ICC-arvojen avulla saatiin selville, että yhden jalan loikkatestien tulokset olivat kauttaaltaan hyviä tai erinomaisia, eli OptoGaitista saadut tulokset olivat luotettavia. Juoksunopeus- ja luistelunopeustestien ICC-arvot olivat kaikki heikkoja, eli OptoGaitista saadut tulokset eivät olleet luotettavia. Juoksunopeustestien ICC-arvoja voidaan kuitenkin hieman kritisoida, koska OptoGaitin ja vertailtavien arvojen tuloksista muodostettujen kuvaajien muodot muistuttivat todella paljon toisiaan. Tästä syystä jatkotutkimuksia tulisi tehdä etenkin juoksunopeustesteistä.

Kaiken kaikkiaan saatiin selville, että OptoGait soveltuu erittäin hyvin apuvälineeksi loikkatestien tuloksien taltioimiseen sen hyvän reliabiliteetin takia. Olisi kuitenkin ollut erittäin mielenkiintoista saada tietää, miten nopeusominaisuuksien tulokset olisivat muuttuneet, jos OptoGait-moduuleita olisi ollut enemmän saatavilla. Olisi ollut myös mielenkiintoista tehdä 5-loikka -testi, jolloin oltaisiin voitu tarkastella jääkiekkoilijoiden jalkojen puolieroja.

Lähteet

1 Pärnänen, Antti. 2015. Liigaan tulee älykiekko – mullistaa jääkiekon seuraamisen. Verkkoaineisto. Liiga. <https://liiga.fi/fi/uutiset/2015/12/11/liigaan-tulee-alykiekko-mullistaa-jaakiekon-seuraamisen>. Luettu 15.1.2019.

2 Urheilumuseo. 2011. Jääkiekkomuseo. <https://www.urheilumuseo.fi/portals/47/jaakiekkomuseo2011/maat.htm>. Luettu 10.10.2018.

3 Hughes, Travis. 2013. Annual IIHF survey shows growth of hockey worldwide. Verkkoaineisto. SBNation. <https://www.sbnation.com/2013/8/23/4650836/iihf-survey-2013-hockey-growth>. Luettu 7.11.2018.

4 Heinonen, Aleksi & Vähälummukka, Mika. 2016. Lasten ja nuorten voimaharjoittelu. Verkkoaineisto. Leijonat. <http://www.leijonat.fi/uutiset/kotimaa/item/16769-lasten-ja-nuorten-voimaharjoittelu.html>. Luettu 7.11.2018.

5 Perustilastot. 2015-2016. Verkkoaineisto. Liiga. <https://liiga.fi/fi/tilastot/2015-2016/playoffs/pelaajat/?team=&position=all&home_away=&player_stats=players&sort=Aika#stats-wrapper>. Luettu 9.1.2019.

6 Rytkönen ym. 2014. Voima – miksi se on niin tärkeää urheilussa ja liikunnassa?. Verkkoaineisto. Lihastohtori. <https://lihastohtori.wordpress.com/2014/06/19/voima-miksi-se-on-niin-tarkeaa-urheilussa-ja-liikunnassa-rytkonen-hulmi-ja-haikarainen/->. Luettu 10.11.2018.

7 Kyröläinen, Heikki. Nopeusvoima. Verkkoaineisto. Kasva urheilijaksi. <https://www.kasvaurheilijaksi.fi/nopeusvoima>. Luettu 13.11.2018.

8 Tiedä mitä treenaat – Voiman eri alalajit. 2017. Verkkoaineisto. Suomen fysiovalmentajat. <http://fysiovalmentajat.com/tieda-mita-treenaat-voiman-eri-alalajit/.>. Luettu 13.11.2018.

9 Kuitunen, Sami. Nopeus. Verkkoaineisto. Kasva urheilijaksi. <https://www.kasvaurheilijaksi.fi/ominaisuustesti/esittely/nopeus.>. Luettu 15.11.2018.

10 Breaking down McDavid's 40 km/h end-to-end speed. 2017. Verkkoaineisto. Sportsnet. <https://www.sportsnet.ca/hockey/nhl/breaking-mcdavids-40-kmh-end-end-speed/.>. Luettu 3.12.2018.

11 Juoksunopeus 30m. 2010. Verkkoaineisto. IIHCE - International Ice Hockey Centre of Excellence. <https://www.iihce.fi/suomeksi/Testaaminen/Liiga,Mestis,A-B-C/Juoksunopeus30m/tabid/566/Default.aspx>. Luettu 22.11.2018.

12 Nopeuskestävyys. 2010. Verkkoaineisto. IIHCE - International Ice Hockey Centre of Excellence. <https://www.iihce.fi/suomeksi/Testaaminen/Liiga,Mestis,A-B-C/Nopeuskest%C3%A4vyys/tabid/565/Default.aspx>. Luettu 22.11.2018.

13 Shift Statistics: 2016-17 NHL Season. Verkkoaineisto. Sporting Charts. <https://www.sportingcharts.com/nhl/stats/player-shift-statistics/2016/>. Luettu 1.10.2018.

14 Juoksukestävyys 30 min. 2010. Verkkoaineisto. IIHCE - International Ice Hockey Centre of Excellence. <https://www.iihce.fi/suomeksi/Testaaminen/Liiga,Mestis,A-B-C/Juoksukest30min/tabid/568/Default.aspx>. Luettu 21.11.2018.

15 Nummela, Ari. Kestävyys. Verkkoaineisto. Kasva urheilijaksi. <https://www.kasvaurheilijaksi.fi/ominaisuustesti/esittely/kest%C3%A4vyys>. Luettu 17.11.2018.

16 Soanjärvi, Merja. Liikkuvuus. Verkkoaineisto. Kasva urheilijaksi. <https://www.kasvaurheilijaksi.fi/ominaisuustesti/esittely/liikkuvuus>. Luettu 17.11.2018.

17 Pasanen, Kati & Koskela, Juha. Oikein kohdennettu venyttely- ja liikkuvuusharjoittelu. Verkkoaineisto. Terve urheilija. <http://www.terveurheilija.fi/kymppiympyra/kehonhuoltojapalautuminen/venyttelyjaliikkuvuusharjoittelu>. Luettu 16.11.2018.

18 Niemelä, Ella. 2016. Harjoitusmäärät ja muuta tärkeää. Verkkoaineisto. Helsingin Jokerit. <https://docplayer.fi/3852162-Harjoitusmaarat-ja-muuta-tarkeaa.html>. Luettu 10.10.2018.

19 Välilä, Anu. 2008. Kuntosalit avaavat ovensa liian nuorille. Verkkoaineisto. Turun Sanomat. <https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/1074269024/Kuntosalit+avaavat+ovensa+liian+nuorille>. Luettu 12.10.2018.

20 Liiga, Mestis, A-, B-, ja C-nuorten testipaketti. 2010. Verkkoaineisto. IIHCE - International Ice Hockey Centre of Excellence. <https://www.iihce.fi/suomeksi/Testaaminen/Liiga,Mestis,A-B-C/tabid/561/Default.aspx.>. Luettu 4.2.2019.

21 About us. Verkkoaineisto. Microgate. <http://www.microgate.it/Corporate/About-us>. Luettu 1.10.2018

22 Professional Timing. Verkkoaineisto. Microgate. <http://www.microgate.it/Timing/Home?lang=en-us>. Luettu 1.10.2018

23 Training & Sport. Verkkoaineisto. Microgate. <http://www.microgate.it/Training/Home-en>. Luettu 1.10.2018

24 Engineering. Verkkoaineisto. Microgate. <http://www.microgate.it/Engineering/Home?lang=en-US>. Luettu 1.10.2018

25 Medical Rehab. Verkkoaineisto. Microgate. <http://www.microgate.it/Medical/Home-en>. Luettu 1.10.2018.

26 OptoGait. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/>. Luettu 5.10.2018.

27 The single meter. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/Optogait/The-single-meter>. Luettu 10.10.2018.

28 What is OptoGait. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/What-is-OptoGait>. Luettu 11.11.2018.

29 The system on Treadmill. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/Optogait/The-system-on-Treadmill>. Luettu 12.11.2018.

30 Nike Pegasus shoes engineered with OptoGait. 2014. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/Contents/News/Nike-Pegasus-shoes-engineered-with-OptoGait>. Luettu 1.2.2019.

31 The modular system. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/Optogait/The-modular-system>. Luettu 15.12.2018.

32 The two-dimensional system. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.OptoGait.com/What-is-OptoGait/The-two-dimensional-system>. Luettu 18.12.2018.

33 The Software. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optogait.com/What-is-OptoGait/The-software>. Luettu 10.1.2019.

34 Gait Analysis. Verkkoaineisto. OptoGait. <http://www.optojump.com/Applications/Gait-Analysis.aspx>. Luettu 3.1.2019.

35 Heikkilä, Tarja. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus. Verkkoaineisto. Edita. <http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>. Luettu 18.12.2018.

36 Vilpas, Pertti. Kvantitatiivinen tutkimus. Verkkoaineisto. Metropolia. <https://users.metropolia.fi/~pervil/kvantsu/Moniste.pdf>. Luettu 17.12.2018.

37 Mittaaminen: Mittarin luotettavuus. 2008. Verkkoaineisto. KvantiMOTV. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/luotettavuus.html>. Luettu 17.12.2018.

38 Frequently asked questions No. 9. Verkkoaineisto. King's College London. <https://www.kcl.ac.uk/ioppn/depts/BiostatisticsHealthInformatics/SAS/faqs9#a9_5>. Luettu 3.3.2019

39 Terry K., Koo & Mae Y., Li. 2017. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. Verkkoaineisto. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/>. Luettu 4.2.2019.

40 Photocells Witty·Gate. Verkkoaineisto. Witty. <http://www.microgate.it/Training/Witty/WittyGATE>. Luettu 11.2.2019.