

Jarkko Aallonen

Timo Urpinen

JALKAPALLOMAALIVAHTIEN LONKKA- JA NILKKANIVELEN LIIKKUVUUDEN YHTEYS VERTIKAALIHYPPYIHIN

Opinnäytetyö

Sosiaali- ja terveysalan ammattikorkeakoulututkinto

Naprapaattikoulutus

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Naprapaatti (AMK)
Tekijät	Jarkko Aallonen, Timo Urpinen
Työn nimi	Jalkapallomaalivahtien lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuuden yhteys vertikaalihyppyihin
Toimeksiantaja	Suomen Palloliitto ry
Vuosi	2024
Sivut	92 sivua, liitteitä 6 sivua
Työn ohjaajat	Petteri Koski, Marja Turkki

TIIVISTELMÄ

Jalkapallo on hyvin tutkittu laji, mutta maalivahteihin keskittyviä tutkimuksia on vain vähän. Liikkuvuuden on todettu voivan olla yhteydessä vertikaalihyppytesteihin eri lajien edustajilla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää jalkapallomaalivahtien lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuuden yhteyttä vertikaalihyppyihin sekä eri vertikaalihyppytestiä välillä.

Opinnäytetyö toteutettiin kvantitatiivisena kokeellisena tutkimuksena ja sen perusjoukon muodostivat Veikkausliigajoukkueiden maalivahtit. Testattavat (N = 15) koostuivat seitsemän eri joukkueen maalivahdeista. Tutkimuksen aineisto kerättiin joukkuekohtaisilla testauksilla joukkueiden edustamissa kaupungeissa pelikauden 2023 aikana.

Testauksiin kuului lonkka- ja nilkkanivelen passiivisen liikelaajuuden mittaaminen sekä vertikaalihyppytetit. Nivelliikkuvuuksista mitattiin lonkkanivelestä sisärotaatio lonkka fleksiassa ja ekstensiossa, lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa ja ekstensiossa, fleksio, abduktio ja ekstensio. Nilkkanivelestä mitattiin plantaari- ja dorsifleksio. Vertikaalihyppyä mitattiin staattisella hypyllä, kevennyshypyllä ja 10/5-toistohyppytetillä.

Lonkka ekstensiossa mitattu lonkan sisärotaatio korreloi positiivisesti ja tilastollisesti merkitsevästi staattisen hypyn ja kevennyshypyn kanssa. Lonkka ekstensiossa mitattu ulkorotaatio korreloi negatiivisesti ja tilastollisesti merkitsevästi kevennyshypyn ja 10/5-toistohyppytetillä mitatun reaktiivisen voiman indeksin kanssa. Hyppytetit korreloivat positiivisesti ja tilastollisesti merkitsevästi keskenään. Lisäksi lonkka fleksiassa mitattu lonkan sisärotaatio korreloi positiivisesti staattisen hypyn kanssa ja lonkka ekstensiossa mitattu lonkan sisärotaatio positiivisesti 10/5-toistohyppytetillä mitatun reaktiivisen voiman indeksin kanssa. Nämä tulokset olivat heikosti tilastollisesti merkitseviä.

Tämän opinnäytetyön tulosten mukaan lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuudella on sekä positiivinen että negatiivinen yhteys hyppytesteihin. Lisäksi vertikaalihyppytestiä keskinäinen positiivinen yhteys on vahva.

Asiasanat: jalkapallo, maalivahti, liikkuvuus, ponnistusvoima

Degree title	Bachelor of Health Care, Naprapathy
Authors	Jarkko Aallonen, Timo Urpinen
Thesis title	The relationship between hip and ankle joint mobility and vertical jumps among football goalkeepers
Commissioned by	Football Association of Finland
Time	2024
Pages	92 pages, 6 pages of appendices
Supervisors	Petteri Koski, Marja Turkki

ABSTRACT

Football is a well-researched sport, but there is limited research focusing on goalkeepers. Mobility has been found to be associated with vertical jump tests in representatives of different sports. The purpose of this thesis was to investigate the relationship between hip and ankle joint mobility and vertical jumps among football goalkeepers.

The thesis was conducted as a quantitative experimental study, with the population consisting of goalkeepers from the Finnish Football League Association, Veikkausliiga teams. The participants (N = 15) included goalkeepers from seven different teams. The data for the study was collected through team-specific testing in the cities represented by the teams during the 2023 playing season.

The assessments included measuring the passive range of motion of the hip and ankle joints, as well as vertical jump tests. Hip joint mobility measurements included internal rotation in hip flexion and extension, external rotation in hip flexion and extension, flexion, abduction, and extension. Ankle joint measurements included plantarflexion and dorsiflexion. Vertical jump was measured with a static jump, countermovement jump and the 10/5 repeated jumps test.

Internal rotation of the hip measured in hip extension correlated positively and statistically significantly with the static jump and countermovement jump. External rotation of the hip measured in hip extension correlated negatively and statistically significantly with the countermovement jump and the reactive strength index measured by the 10/5 repeated jumps test. The jump tests correlated positively and statistically significantly with each other. Additionally, internal rotation of the hip measured in hip flexion correlated positively with the static jump and internal rotation of the hip measured in hip extension correlated positively with the reactive strength index measured by the 10/5 repeated jumps test. These results were weakly statistically significant.

According to the results of this thesis, hip and ankle joint mobility has both positive and negative correlation with jump tests. Additionally, the mutual positive correlation between vertical jump tests is strong.

Keywords: football/soccer, goalkeeper, flexibility, effort force

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	JALKAPALLOMAALIVAHTI	8
2.1	Jalkapallomaalivahdin fyysiset ominaisuudet	9
2.1.1	Nopeus	10
2.1.2	Liikkuvuus	12
2.1.3	Ketteryys ja koordinaatio	13
3	LIKKUVUUS	14
3.1	Liikkuvuuden merkitys urheilussa	16
3.2	Liikkuvuuden mittaaminen	18
3.3	Lonkkanivel	19
3.4	Nilkkanivel	23
4	VERTIKAALIHYPYTESTIT	25
4.1	Alaraajojen voimantuotto	27
4.1.1	Hermolihasjärjestelmät	29
4.1.2	Venymis-lyhenemissykli	32
4.2	Hyppytestien mittaaminen	33
4.3	Staattinen hyppy	37
4.4	Kevennyshyppy	39
4.5	10/5-toistohyppytesti	40
5	TUTKIMUSKYSYMYKSET	41
6	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	42
6.1	Kvantitatiivinen kokeellinen tutkimus	43
6.2	Aineiston keruu	44
6.3	Kohderyhmä	45
7	TUTKIMUSMENETELMÄT	46
7.1	Esitietolomake	46

7.2	Hyppytestien suorittaminen	46
7.2.1	Staattinen hyppy	47
7.2.2	Kevennyshyppy	48
7.2.3	10/5 toistohyppytesti	48
7.3	Liikkuvuusmittausten suorittaminen	49
7.3.1	Lonkan fleksio ja ekstensio	50
7.3.2	Lonkan rotaatiot	52
7.3.3	Lonkan abduktio	56
7.3.4	Nilkan plantaari- ja dorsifleksio	57
7.4	Aineiston analysointi	59
8	TULOKSET	63
8.1	Nivelliikkuvuus	64
8.2	Hyppytestit	67
8.3	Yhteenveto	68
8.4	Muut havainnot	75
9	POHDINTA	77
9.1	Tulosten tarkastelu	77
9.2	Johtopäätökset	80
9.3	Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi	81
9.4	Jatkotutkimusehdotukset	83
	LÄHTEET	84
	LIITTEET	
	Liite 1. Suomenkielinen esitietolomake	
	Liite 2. Englanninkielinen esitietolomake	
	Liite 3. Voimalevyn kalibrointiohje	
	Liite 4. Tietosuojailmoitus	

SANASTO JA LYHENTEET

AAOS	American Academy of Orthopaedic Surgeons
Abduktio	Loitonnus
AMA	American Medical Association
art.	Articulatio, nivel
ATP	Adenosiinitrifosfaatti
Dorsifleksio	Nilkan koukistus
Ekstensio	Ojennus
Fleksio	Koukistus
ICC	Interclass correlation coefficient, ryhmän sisäinen korrelaatiokerroin
l.	Ligamentum, ligamentti
m.	Musculus, lihas
n.	Nervus, hermo
p-arvo	Tilastollisissa testeissä havaittu merkitsevyystaso
Palloliitto	Suomen Palloliitto ry, jalkapallon ja futsalin kattojärjestö Suomessa
PCr	Kreatiinifosfaatti
Plantaarifleksio	Nilkan ojennus
PNF	Proprioseptiivinen neuromuskulaarinen fasilitaatio
r	Korrelaatiokerroin
r^2	Selitysaste (yksi selittäjä)
R^2	Selitysaste (useita selittäjiä)
r_s	Spearmanin korrelaatiokerroin
RSI	Reactive strength index, reaktiivisen voiman indeksi
RSR	Reactive strength ratio, reaktiivisen voiman suhde
Vertikaalihyppy	Ylöspäin suuntautuva hyppy
W	Shapiro-Wilkin testillä testattu otoksen poikkeama normaalijakaumasta

1 JOHDANTO

Jalkapallo on maailman harrastetuin laji ja sitä pelataan poikkeuksetta jokaisessa maassa (Jalkapallosäännöt 2023, 4; Perez-Arroniz ym. 2023). Suomen Palloliiton (2023) mukaan jalkapallo on Suomen harrastetuin laji ja sillä on rekisteröityjä pelaajia yli 150 000. Jalkapallon fyysisiä vaatimuksia tutkitaan paljon eri näkökulmista. Valtaosa tutkimuksista käsittelee kenttäpelaajia ja maalivahteihin keskittyviä tutkimuksia on vain vähän. (Lopez-Gajardo ym. 2020.) Jalkapallossa maalivahdin pelipaikkakohtaiset fyysiset vaatimukset ovat ainutlaatuiset (Ibrahim ym. 2019). Maalivahdeilta vaaditaan etenkin räjähtävää voimantuottoa, nopeutta, liikkuvuutta, ketteryyttä, koordinaatiota ja reaktionopeutta (West 2018). Maalivahdin pääasiallinen tehtävä on estää vastustajajoukkueen maalintekoyrityksiä. Tehtävässä onnistuakseen tulee maalivahdin suorittaa useita hyppyjä, venytyksiä, heittoja ja sprinttejä nopeasti ja räjähtävästi. (Perez-Arroniz ym. 2023; White ym. 2018.) Liikkuvuudella on todettu voivan olla vaikutusta hyppytestillä mitattuun räjähtävään voimantuottoon (Barbosa ym. 2016; Godinho ym. 2019; Hoopingarner 2015; Panoutsakopoulos & Bassa 2023; Panoutsakopoulos ym. 2022). Aihetta ei ole tutkittu kuitenkaan jalkapallomaalivahdeilla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia liikkuvuuden yhteyttä vertikaalihinnyksiin jalkapallomaalivahdeilla, sekä hyppytestien välistä korrelaatiota. Opinnäytetyö suoritettiin kvantitatiivisena kokeellisena tutkimuksena yhteistyössä Suomen Palloliiton kanssa. Palloliitto toimii jalkapallon kattojärjestönä Suomessa vastaten sen toiminnasta ja kehittämisestä. Kohderyhmänä opinnäytetyössä oli Veikkausliigajoukkueiden maalivahdit. Opinnäytetyön teoriaosiossa perehdytään jalkapallomaalivahtien fyysisiin ominaisuuksiin, liikkuvuusominaisuuksien merkitykseen ja mittaamiseen sekä erilaisiin vertikaalihinnyksiin, niissä vaadittaviin fyysisiin ominaisuuksiin ja niiden mittaamiseen. Liikkuvuuden yhteyttä räjähtävään voimantuottoon ja reaktiiviseen voimaan arvioitiin suorittamalla passiiviset nivelliikkuvuusmittaukset nilkka- ja lonkkaniveleen sekä kolme eri vertikaalihinnykset. Testauksen sisältö suunniteltiin yhteistyössä työn tilaajan kanssa. Aineiston keruu toteutettiin yhteistyössä Veikkausliigajoukkueiden fysiikka- ja maalivahtivalmentajien kanssa joukkuekohtaisilla testauksilla.

2 JALKAPALLOMAALIVAHTI

Jalkapallopelissä kentällä on saman aikaisesti joukkueelta yhteensä 11 pelaajaa, joista yksi on maalivahti (Jalkapallosäännöt 2023, 13). Jokaisella pelipaikalla on pelipaikkakohtaisia ominaispiirteitä, joihin pelaajat erikoistuvat. Maalivahdin pelipaikan ominaispiirteet ovat kaikkein spesifimmät. Maalivahti osallistuu pääsääntöisesti estämään vastustajajoukkueen maalintekoyrityksiä ja suojelemaan oman joukkueen maalia. Onnistuakseen tehtävässään tulee maalivahdin suorittaa useita hyppyjä, venytyksiä, heittoja ja sprinttejä nopeasti ja räjähtävästi. (Perez-Arroniz ym. 2023; White ym. 2018.) Maalivahti on ainoa pelaaja, joka saa käyttää käsiään vastustajan maalintekoyritysten torjumiseksi omalla rangaistusalueellaan (Jalkapallosäännöt 2023, 49). Sen sijaan, että maalivahdit olisivat aktiivisia vain puolustustilanteissa, osallistuvat he nykyään enenevässä määrin aktiivisesti myös pelin avaamiseen (White ym. 2018) ja hyökkäystilanteisiin, etenkin lyhyen- ja keskimatkan syötöillä. Keskiarvollisesti maalivahdit puuttuvat peliin yhä vähemmän, mikä tarkoittaa, että jokainen tilanne merkitsee ja voi olla pelin kannalta ratkaiseva. (Obetko ym. 2022.) Maalivahdilla on yksittäisenä pelaajana suurin vaikutus otteluiden lopputulokseen. (Perez-Arroniz ym. 2023.)

Maalivahtien kulkema matka ottelun aikana vaihtelee neljän ja kuuden kilometrin välillä, mikä on noin puolet kenttäpelaajiin verrattuna (Perez-Arroniz ym. 2023; White ym. 2020). Suurin osa kokonaismatkasta on matalalla intensiteetillä tapahtuvaa liikkumista, kuten kävelyä tai kevyttä juoksemista. Korkean intensiteetin suoritteita ovat kovavauhtiset juoksut ja räjähtävää voimaa vaativat suoritteet, kuten kiihdytykset, suunnanmuutokset, heittäytymiset sekä korkeat hypyt. Maalivahtien liikkuma kokonaismatka pienenee toisella puoliajalla verrattuna ensimmäiseen. Suunnanmuutoskykyä vaativien tilanteiden määrä kasvaa, toisin kuin kenttäpelaajilla, joilla kuljettu matka kasvaa ja suunnanmuutostilanteet vähenevät ottelun toisella puoliajalla. Kovavauhtiset juoksut sekä heittäytymiset jakautuvat tasaisesti puoliaikojen välillä, vaikkakin toisella puoliajalla ne painottuvat puoliajan loppuun. Ottelun viimeisen 15 minuutin aikana heittäytymisiä tulee keskimäärin enemmän kuin ottelun muissa 15 minuutin jaksoissa. Kokonaisuudessa maalivahdeilta vaaditaan ottelun loppuosassa suurempaa fyysistä ponnistelua muuhun otteluun verrattuna. (White

ym. 2020.) Maalivahtien urat ovat keskimäärin kenttäpelaajia pidempiä, mitä selittää maalivahtien alhaisempi loukkaantumisriski (Perez-Arroniz ym. 2023) sekä erot pelipaikkakohtaisissa vaatimuksissa ja pelitaktiikan kehittyminen (Sporis ym. 2009).

2.1 Jalkapallomaalivahdin fyysiset ominaisuudet

Maalivahdit ovat joukkueen pisimpiä ja painavimpia pelaajia (Bongiovanni ym. 2023; Perez-Arroniz ym. 2023). Pituudeltaan maalivahdit ovat tyypillisesti 180–190 senttimetriä pitkiä ja painavat 81–89 kilogrammaa (Perez-Arroniz ym. 2023). Yhdessä keskushyökkääjien kanssa maalivahdeilla on korkeimmat arvot raajojen ja koko vartalon lihasmassassa, mutta myös kehon rasvamasassa, sekä solujen ulkoisessa ja sisäisessä nesteessä. Kehonkoostumukseltaan maalivahdit eroavat pelipaikkakohtaisessa vertailussa eniten keskikenttäpelaajista, hyökkääjistä (lukuun ottamatta keskushyökkääjiä) ja laitapuolustajista. (Bongiovanni ym. 2023.) Pituudella on yhteys korkealla tasolla pelaamiseen. Huipputasolla pelaavien maalivahtien keskimääräinen pituus on kasvanut tasaisesti viimeisen kahden vuosikymmenen aikana. Englannin pääsarjatasolla pelaavien maalivahtien keskipituus kaudella 2017–2018 oli 191,83 senttimetriä. (West 2018.)

Jalkapallossa maalivahdin pelipaikkakohtaiset fyysiset ja tekniset vaatimukset ovat ainutlaatuiset (Ibrahim ym. 2019). Maalivahdeilta vaaditaan etenkin räjähtävää voimantuottoa, nopeutta, liikkuvuutta, ketteryyttä, koordinaatiota ja reaktionopeutta (West 2018). Jotta maalivahti pystyy torjumaan ylöspäin suuntautuvan laukauksen, hänen pitää olla hyvä hyppyliikkeissä (Ziv & Lidor 2011). Maalivahtien maksimaalinen hapenottokyky poikkeaa huomattavasti muista pelipaikoista (Perez-Arroniz ym. 2023). Zivin ja Lidorin (2011) mukaan maalivahtien maksimaalisessa hapenottokyvyssä on paljon vaihtelua arvojen ollessa $48,41 \pm 11,10 \text{ mL O}_2^{\text{kg}^{-1} \text{ min}^{-1}}$. Hapenottokyvyn kehittäminen ei ole keskiössä maalivahdeilla heidän keskittyessä pääasiallisesti tekniseen ja lyhytkestoiseen räjähtävään suorittamiseen (White ym. 2018). Parempi hapenottokyky auttaa palautumaan paremmin pelitilanteiden välillä mahdollistaen paremman suoriutumisen tulevista tilanteista, joten sillä voi olla vaikutus maalivahdin suorituskykyyn (West 2018).

2.1.1 Nopeus

Nopeus on taitosidonnainen fyysinen ominaisuus ja tarkoittaa kykyä suorittaa liikettä lyhyessä ajassa (ACSM 2016, 2). Vanhan määritelmän mukaan nopeus onkin voimaa, jota taito ohjaa. Nopeus ilmenee eri urheilulajeissa eri tavoin. (Hakkarainen 2015, 236.) Nopeusominaisuudet riippuvat monesta tekijästä (Kauranen & Nurkka 2010, 326–329). Näistä osatekijöistä merkittävimpiä ovat reaktiokyky, rytmitaju, liike tiheys, nopeusvoima, taito, liikkuvuus, elastisuus ja rentous. Perinteisesti nopeus jaetaan viiteen osaan, jotka ovat perusnopeus, reaktionopeus, räjähtävä nopeus, liike- eli etenemisnopeus ja nopeustaitavuus. Perusnopeus kuvaa yleisesti hermolihasjärjestelmän toiminnan nopeutta. Se on osittain perinnöllinen ja osittain lapsuudessa kehittynyt ominaisuus. Perusnopeus toimii perustana lajinopeuden harjoittamiselle. Yleisen perusnopeuden kuvaajana voidaan pitää juoksunopeuden kehittymistä. Juoksunopeus on hyvä mittari nopeusominaisuuksien kehittymisen arviointiin. (Hakkarainen 2015, 236–239.)

Reaktionopeudella tarkoitetaan aikaa, joka kuluu ärsykkeestä liikkeen aloittamiseen (Hakkarainen 2015, 239). Reaktionopeuteen vaikuttaa hermoimpulsin johtumisnopeus motoneuronissa. Reaktionopeutta mitataan tyypillisesti kuulo- tai näköärsykkeestä. Jalkapallossa tärkeämpänä pidetään näköärsykeeseen perustuvaa reaktionopeutta. (Ruschel ym. 2011.) Jalkapallon pelipaikkakohtaisessa vertailussa maalivahdeilla on todettu olevan kenttäpelaajia paremmat reaktioajat (ks. Çolak & Ağaşcıoğlu 2020; Ruschel ym. 2011). Reaktionopeus on geneettinen ominaisuus, mutta siihen voidaan vaikuttaa säännöllisellä ja systemaattisella harjoittelulla. Harjoittelun pitää olla lajikohtaista. Reaktionopeuteen vaikuttavat esimerkiksi havaintokyky, päätöksentekokyky ja liikemallien ratautuminen. Reaktionopeus on huipussaan noin 20-vuotiaana, jonka jälkeen se heikkenee iän myötä tasaisesti. (Kauranen & Nurkka 2010, 329.)

Räjähtävällä nopeudella tarkoitetaan yksittäisen liikkeen suorittamista mahdollisimman nopeasti. Räjähtävään nopeuteen vaikuttavat yksilön nopeusvoimaominaisuudet, ja ne voidaan jakaa pikavoimaan ja räjähtävään voimaan. (Hakkarainen 2015, 239.) Jalkapallomaalivahdeilta vaaditaan räjähtävää voi-

maa ylä- ja alaraajoissa (Perez-Arroniz ym. 2023). Räjähävä voima kuvaa kykyä aktivoida lihassoluja mahdollisimman nopeasti (Hakkarainen 2015, 239). Jalkapallossa paremmat räjähtävät voimantuotto-ominaisuudet ovat yhteydessä huipputasolla pelaamiseen, erityisesti maalivahdeilla. Räjähävää voimantuottoa tarvitaan erityisesti torjuntoihin liittyvissä tilanteissa, kuten heittäytymisessä ja palloa kohti syöksyttäessä. Parempi kyky tuottaa räjähtävää voimaa auttaa suorittamaan torjuntaliikkeitä, koska silloin voidaan heittäytyä korkeammalle ja kauemmaksi. (West 2018.) Maalivahdit suoriutuvat keskimäärin kenttäpelaajia paremmin räjähtävää voimantuottoa vaativissa testeissä (Sports ym. 2009).

Räjähävän voimantuoton kehittäminen perustuu neuromuskulaarisen tehokkuuden parantumiseen. Ominaisuutta voidaan kehittää esimerkiksi nopeilla isoinertiaalisilla, eli konsentris-eksentrisillä, liikkeillä suorittamalla toiminnallisia harjoitteita räjähtävästi tai plyometrisillä harjoitteilla. Harjoitteita suunniteltaessa tulee huomioida lajinomaiset vaatimukset. Olympianostoja, kuten rinnalleve-toa, käytetään usein räjähtävän voimantuoton harjoittamisessa. (Burgess 2017, 148–149.) Voimaharjoittelun on todettu olevan tehokas tapa kehittää nopeusvoimaa jalkapalloilijoilla (Keiner ym. 2013). Nopeusvoimaharjoittelun harjoitusvaikutukset ovat spesifit, joten harjoittelu kannattaa suorittaa lajinomaisesti (Hakkarainen 2015, 239).

Liike- eli etenemisnopeus tarkoittaa nopeasti toistettua lajinomaista syklistä suoritusta (Hakkarainen 2015, 239). Jalkapallossa etenemisnopeudella tarkoitetaan juoksunopeutta. Juoksunopeus on haastavampi ominaisuus kehittää kuin muut fyysiset ominaisuudet. Juoksun osa-alueista kiihdyttäminen on resistentein harjoittelulle verrattuna esimerkiksi huippunopeuteen ja suunnanmuutosnopeuteen. Juoksunopeuden kehittäminen muuttuu haastavammaksi suorituskyvyn, iän ja harjoittelutaustan lisääntymisen myötä. (Haugen 2017.) Nuorilla jalkapalloilijoilla alaraajojen voimaharjoittelun on todettu kehittävän nopeutta yhdistettynä normaaliin jalkapallon lajiharjoitteluun (Sander ym. 2013). Sukupuolella on merkitystä juoksunopeuden kehittämisessä. Murrosikään saakka juoksunopeus kehittyy sukupuolten välillä tasaisesti (Hakkarainen 2015, 239). Murrosiän aikana miesten juoksunopeuden kehittyminen on suurempaa lisääntyneen testosteronituotannon ja sitä seuraavan lihasmassan

kasvun myötä. Murrosiän aikana juoksunopeus kehittyy miehillä noin kymmenen prosenttia paremmaksi, ja tämä ero juoksunopeudessa säilyy lähes vakiona loppuelämän. (Kauranen & Nurkka 2010, 327.)

Nopeustaitavuudella tarkoitetaan hermojärjestelmän kykyä toimia nopeasti ja tarkoituksenmukaisesti taitoa vaativissa tilanteissa. Nopeustaitavuus on pallopeleissä erittäin tärkeä ominaisuus, sillä niissä vaaditaan välineen hallintaa sekä vastustajan ja taktiikan huomioimista nopeissa pelitilanteissa. (Hakkarainen 2015, 239.) Nopeustaitavuus vaatii hyviä lajinomaisten taitojen hallitsemista sekä reaktio- ja räjähtävää nopeutta. Nopeustaitavuutta harjoitetaan mahdollisimman korkeanopeuksisilla lajinomaisilla harjoitteilla. Tämä harjoittelu lisää lajikohtaista nopeutta, joka tarkoittaa kyseisen lajin oleellisia nopeusominaisuuksia. (Kauranen & Nurkka 2010, 329–330.)

Nopeuden harjoittamisen peruseriaatteet ovat pysyneet samoina jo vuosikymmeniä. Nopeusharjoittelussa suorituksen nopeus ja teho tulee olla lähellä sataa prosenttia, koska nopeus kehittyy ainoastaan yksilön liikkuessaan oman nopeustasonsa ääri rajoilla. Harjoittelussa suorituksen kestoksi suositellaan 1–6 sekuntia, koska lihaksiin alkaa kertyä laktaattia 5–7 sekunnin työn jälkeen, mikä hidastaa liikenopeutta ja -tehoa. Suoritusten välisen palautumisen tulee olla täydellinen, jotta uusi suorite voidaan suorittaa täydellä nopeudella ja teholla. Riittävä palautumisaika vaihtelee 30 sekunnin ja 10 minuutin välillä. Nuorilla palautumiseen riittää lyhyempi aika. Lisäksi harjoitusta tulee edeltää täydellinen palautumistila. Suoritteita tulee suorittaa useampia, jotta ominaisuuden kehittymiselle luodaan riittävä ärsyke. Suoritteita ei saa kuitenkaan suorittaa niin paljon, että yksittäisen suorituksen teho tippuu. Suorituksia suositellaan suorittamaan 5–20 kappaletta. Nuoremmat voivat suorittaa useampia suorituksia. Mikäli nopeusharjoitus tehdään muun harjoituksen yhteydessä, tulee nopeusosuus suorittaa harjoituksen alkupuolella. Nopeusharjoitus on maksimi-intensiteetillä suoritettava harjoitus. Tämä vaatii tahdonvoimaa ja harjoituksen suorittajan motivointi on oleellista. (Hakkarainen 2015, 238–243.)

2.1.2 Liikkuvuus

Jalkapallomaalivahtit tarvitsevat hyvää liikkuvuutta erityisesti torjuntatilanteissa (West 2018). Maalivahtien liikkuvuuden on todettu olevan keskimäärin

kenttäpelaajia parempi, erityisesti niissä nivelien liikesuunnissa, jotka mahdollistavat jalkojen erilleen levittämisen (Deprez ym. 2015; Perez-Arroniz ym. 2023). Passiivisissa nivelliikkuvuusmittauksissa maalivahtien lonkan fleksio- ja abduktiosuunnan liikelaajuuden sekä polven fleksiosuunnan liikelaajuuden on todettu olevan parempia kenttäpelaajiin verrattuna. Maalivahdeilla havaitaan myös pienempiä eroja dominantin ja ei-dominantin jalan liikelaajuuksissa. (Perez-Arroniz ym. 2023.)

Liikkuvuuden kehittämiseen käytetään yleisesti erilaisia venytyksiä. Venyttelykeinoja ovat staattinen ja dynaaminen venyttely sekä proprioseptiivinen neuromuskulaarinen fasilitaatio (PNF). Staattisessa venyttelyssä lihas saatetaan venytettyyn asentoon, jossa pysytään tietyn aikaa. Staattisen venyttelyn on kuitenkin todettu heikentävän lihaksen voimantuottoa hetkellisesti. Dynaamisessa venyttelyssä niveltä liikutetaan sen koko liikelaajuudella. Dynaamisten venytysten on todettu parantavan jänteiden elastisuutta. PNF-venyttelyssä venytettävän lihaksen antagonistilihasta aktivoidaan, jonka jälkeen suoritetaan voimakas venytys venytettävälle lihakselle. (Burgess 2017, 149–150.) Kalajan (2016) mukaan liikkuvuuden lisäämiseen tulee käyttää venyttelyohjelmaa, jossa suoritetaan passiivis-staattisia venytyksiä maksimaalisella venytysintensiteetillä. Lisäpainolla tehtävän voimaharjoittelun on kuitenkin todettu kehittävän liikkuvuutta yhtä tehokkaasti kuin venyttelyharjoittelun (ks. Alizadeh ym. 2023).

2.1.3 Ketteryys ja koordinaatio

Ketteryys perustuu hyvään hermolihaskäytännön toimintaan. Etenkin proprioseptiikka, sekä tasapainojärjestelmän toiminta ovat tärkeitä, jotta keho saa ajankohtaista tietoa sen asennoista ja liikesuunnista ja pystyy reagoimaan niihin. Ketteryyttä tarvitaan lajeissa, joissa vaaditaan nopeita suunnan muutoksia ja kiihdytyksiä sekä tulee reagoida erilasiin ärsykkeisiin, kuten vastustajaan. Ketteryyteen vaikuttavia tekijöitä ovat nopeus, räjähtävyys, tasapaino, koordinaatio ja lihasvoima. Yksittäisten ominaisuuksien lisäksi ketteryys vaatii näiden sulavaa yhtenäistä toimintaa. Ketteryyteen vaikuttavat myös lihassoluja-kauma, venymis-lyhenemissykli ja hyvä elastisten komponenttien hyödyntäminen. (Kauranen & Nurkka 2010, 333–334.)

Jalkapallomaalivahdilta vaaditaan erinomaista ketteryyttä, sillä maalivahti joutuu suorittamaan useita nopeita liikkeitä ja suunnanmuutoksia, jotka tapahtuvat suhteellisen pienellä alueella oman maalin edustalla (Ziv & Lidor 2011). Pelipaikkakohtaisessa vertailussa ei havaita eroja ketteryydessä jalkapalloilijoilla (Perez-Arroniz ym. 2023). Ketteryyttä harjoitellaan tyypillisesti paikallaan olevien objektien kanssa, vaikkakin ketteryyteen liittyy reagoiminen ja päätöksentekokyky. Ketteryyttä voidaan kehittää opettamalla erilaisia askellustekniikoita ja jalkojen käyttöä, mutta harjoitteeseen tulee sisältyä reagointi esimerkiksi valmentajan tai toisen pelaajan liikkeeseen. (Burgess 2017, 144.)

Kehon koordinaatiokyky on yksi ketteryyden osatekijöistä. Koordinaatiolla tarkoitetaan kehon eri osien tuottamien liikkeiden yhteistoimintaa. (Jaakkola 2018, 19.) Koordinaatioon liittyy aistien, kuten näkö- ja kuuloaistin, hyödyntäminen kehonosien liikkeiden säätelyssä. Aistien kautta saatu tieto auttaa suorittamaan haluttuja tehtäviä sulavammin ja tarkemmin. (ACSM 2016, 2.) Koordinaatiokyky kehittyy taidon tai liikkeen oppimisen yhteydessä. Oppimisen alkuvaiheessa hyödynnetään liikkeen toteuttamisen kannalta merkittävimpiä liikekomponentteja. Harjoittelun edetessä ja liikettä oppiessa kehon eri lihaksia ja niveliä hyödynnetään kattavammin toteuttamaan lopullista haluttua suoritusta. Kehon eri osien yhteistoiminta lisääntyy hermo-lihasjärjestelmän toiminnan kehittyessä. (Jaakkola 2018, 19.) Nuorena aloitettu nopeusharjoittelu parantaa koordinaatiokykyä (Kauranen & Nurkka 2010, 326–329).

3 LIKKUVUUS

WHO (2020) mukaan liikkuvuus on terveyden ja fyysisen kunnon osa-alue, joka määrittelee, kuinka paljon nivelestä voidaan tuottaa liikettä. Liikkuvuuden määrä vaihtelee nivelkohtaisesti, ja siihen vaikuttaa moni tekijä, kuten nivelen yli kulkevien ligamenttien ja jänteiden kireys (WHO 2020, vi). Yksilön liikkuvuus määritellään usein nivelten liikelaajuutta mittaamalla (Rahman & Islam 2020; Schwellnus 2003). Nivelissä kaksi tai useampi luu kiinnittyy toisiinsa (Adams 2016). Nivelet voidaan jakaa ryhmiin esimerkiksi siten, millä pehmytkudosrakenteella ne nivELYVÄT toisiinsa. Synoviaalinivelissä, joita lonkka- ja nilkkanivel ovat, on suurin liikkuvuus. Synoviaalinivelten rakenne on nivelkomainen, mutta niistä voidaan tunnistaa toisiinsa nivELYVÄT luut, nivelrako sekä nivelkapseli. Nivelkapseli on kaksiosainen, ja se verhoaa nivelen tehden siitä

suljetun kokonaisuuden. Luiden nivelpinnoilla on hyaliinirustoa ja nivelkapselin täyttää nivelneste. Lisäksi nivelessä on usein intra- tai ekstra-artikulaarisia ligamentteja ja joskus nivelen sisällä on side- ja rustokudoksesta muodostuvia meniskejä tai levymäisiä rakenteita, jotka parantavat luiden välistä yhteensopi- vuutta. (Adams 2016.)

Keskenään nivELYvien luiden nivelpintojen muodolla on yhteys siihen, miten hyvin nivel liikkuu: pinta-alaltaan laajat nivelpinnat mahdollistavat stabiilin ni- velen, mutta pienemmän liikelaajuuden, kun taas pinta-alaltaan pienemmät ni- velpinnat ovat epästabiilimpia, mutta mahdollistavat suuremman liikelaajuuden (Adams 2016). Nivelten asennot voidaan jaotella nolla-, lepo-, lukko- ja aktu- aaliseen lepoasentoon. Lepoasennossa nivelen nivelvällys on suurimmillaan ja nivELYvien nivelpintojen välinen kontakti on pienimmillään lukuun ottamatta luksoitunutta niveltä. Lepoasennon vastakohta on lukkoasento, jossa nivELY- vien pintojen välinen kontakti on suurimmillaan ja nivelen nivelkapseli sekä li- gamentit ovat kireimmillään. Aktuaalisella lepoasennolla tarkoitetaan lepo- asentoa, joka poikkeaa normaalista lepoasennosta nivelessä olevan intra- tai ekstra-artikulaarisen patologian takia. Tällöin kyseisessä asennossa nivel- kapselin ja ligamenttien tensio on pienimmillään. (Kaltenborn 2017, 20–21.)

Nivelen liikkuvuuteen vaikuttavat nivelen sisäisten rakenteiden lisäksi sen ym- päriällä olevat rakenteet, kuten lihakset ja jänteet. Jotta jokin liike saadaan suo- ritettua, vaatii se riittävästi liikkuvuutta niissä nivelissä, joissa liike tapahtuu. Liikkuvuus on osittain perinnöllinen ominaisuus (Kalaja 2016, 313), mutta sii- hen voidaan vaikuttaa harjoittelulla. Iän myötä liikkuvuus heikkenee, ellei sitä harjoiteta (Kalaja 2015, 256; Suni & Vasankari 2011). Liikkuvuuden ylläpitä- miseksi harjoittelun tulee olla jatkuvaa ja heikkenemään päässeen liikkuvuu- den takaisin saaminen vaatii runsaan määrän työtä (Kalaja 2016, 314).

Liikkuvuus voidaan jakaa aktiiviseen, passiiviseen ja anatomiseen liikkuvuu- teen. Aktiivinen liikkuvuus tarkoittaa sitä liikelaajuutta, jonka yksilö voi itse tuottaa omalla lihastyöllään niveleen. Passiivinen liikelaajuus on aktiivista suu- rempi ja se saavutetaan ulkoisen voiman, esimerkiksi toisen henkilön, toteut- tamana. (Kalaja 2015, 257.) Aktiivista ja passiivista liikkuvuutta rajoittavat ana- tomiset rakenteet, kuten nivelen rakenne ja nivelpintojen asento, nivelkapse-

lin, nivelsiteiden, lihasten ja jänteiden venyvyys sekä lihasmassan määrä (Kalaja 2016, 313). Anatomisella liikkuvuudella tarkoitetaan sitä liikelaajuutta, joka saavutetaan, kun lihakset poistetaan rajoittamasta liikettä. Se on aktiivista ja passiivista liikkuvuutta suurempi. Passiivinen liikkuvuus voi saavuttaa enimmillään 90 prosenttia anatomisesta liikelaajuudesta. (Kalaja 2015, 257.) Lisäksi liikkuvuus voidaan jaotella staattiseen- ja dynaamiseen liikkuvuuteen. Staattinen liikkuvuus tarkoittaa nivelessä tai nivelissä olevaa nykyistä liikelaajuutta, eli kuinka paljon nivelestä voi tulla liikettä. Siihen vaikuttaa muut tekijät, esimerkiksi lihaksen lepopituus ja jotkin nivelvaivat. Dynaaminen liikkuvuus kuvastaa sitä, miten helposti liike tapahtuu, tai ottaako jokin rakenne vastaan. (Suni & Vasankari 2011.) Tässä opinnäytetyössä tehdyt nivelliikkuvuusmittaukset suoritetaan passiivisella5 menetelmällä ja ne mittaavat staattista liikkuvuutta.

Lihaksella on kyky venyä tiettyyn pituuteen vaurioitumatta. Venymiskyky antaa sille myös elastiset ominaisuudet. Elastisuuteen vaikuttaa lihaskudoksen lisäksi peräkkäinen ja rinnakkainen komponentti, eli jänteet sekä lihaskalvot. Tätä voidaan kutsua myös lihaksen reologiseksi malliksi. (Kauranen & Nurkka 2010, 116–140.) Sunin ja Vasankarin (2011) mukaan lihaksen alentuneella lepopituudella saattaa olla traumaalille altistava vaikutus, mutta siitä ei ole selvää tieteellistä näyttöä. Esimerkiksi nilkkanivelen alentunut liikelaajuus vaikeuttaa tasapainonhallintaa ja pohjelihaksen voimantuottoa. Venyttelyn vaikutukset lihaksen lepopituuteen ovat myös epäselviä. (Suni & Vasankari 2011.) Nivelen liikelaajuuden parantuminen voi olla seurausta venytettävien kudosten mekaanisista muutoksista tai venytyksen sietokyvyn parantumisesta (Kalaja 2016, 313). Vallitsevan näkemyksen mukaan venyttelyllä saavutettu liikkuvuuden parantuminen on seurausta hermokudoksen venytyksen sietokyvyn kasvamisesta sen sijaan, että se lisäisi lihaksen pituutta (Kalaja 2016, 313; Suni & Vasankari 2011).

3.1 Liikkuvuuden merkitys urheilussa

Urheilussa hyvä liikkuvuus on edellytys oikeaoppiselle suoritustekniikalle, jolloin nivelten laajat liikeradat mahdollistuvat ilman kudosten aiheuttamaa vastusta. (Kalaja 2015, 256.) Yksittäisten nivelien hyvä liikkuvuus vähentää ki-

neettisessä ketjussa myös muiden osien kuormitusta mahdollistaen niiden esteettömän toiminnan (Heneghan ym. 2020). Usein riittää, että liikkuvuus on oman lajin vaatimien suoritustekniikoiden kannalta riittävällä tasolla (Kalaja 2016, 313) ja tarpeettoman suuri nivelliikkuvuus saattaa olla urheilusuoritukselle haitallista, mikäli liikkeen hallinta on puutteellista (Kalaja 2015, 256). Paremman liikkuvuuden on todettu voivan parantaa fyysistä suorituskäkyä (Schwellnus 2003, 233) ja olevan hyödyllistä toistuvissa, nopeutta vaativissa dynaamisissa liikkeissä (Suni & Vasankari 2011). Liikkuvuusharjoittelulla voidaan saavuttaa parannusta eri suorituskäyvyn osa-alueilla ja sen ei ole todettu olevan haitallista (Skopal ym. 2024). Lisäksi hyvä liikkuvuus lisää kehon liikkeiden taloudellisuutta, nopeuttaa motorista oppimisprosessia, lisää kuormituksen sietokäkyä, alentaa loukkaantumisriskiä sekä tehostaa jänne- ja nivelsidevammoista kuntoutumista (Kalaja 2016, 313).

Liikkuvuudella voi olla merkitystä myös hyppytestien tuloksiin. Liikkuvuudella on havaittu olevan positiivinen yhteys hyppytesteillä testatun alaraajojen voimantuoton kanssa naiskäsipalloilijoilla. Samassa tutkimuksessa yhteyttä ei kuitenkaan havaittu painonnostajanaisilla. (Barbosa ym. 2016.) Naislentopalloilijoilla toteutetussa tutkimuksessa havaittiin laajemman nilkan dorsifleksion olleen yhteydessä parempaan keskiarvoon mitattaessa staattista hyppyä, jossa hyödynnettiin käsien heilautusta (Panoutsakopoulos ym. 2022) sekä parempaan keskiarvoon mitattaessa esikevennyshyppyä käsien avustuksella ja ilman (Panoutsakopoulos & Bassa 2023, 76). Paremman nivelliikkuvuuden omaavalla ryhmällä havaittiin myös suurempi voimantuotonopeus (Panoutsakopoulos ym. 2022). Nilkan liikkuvuuden yhteys kevennyshyppyyn on todettu myös nuorilla urheilijoilla (Godinho ym. 2019). Lonkan ekstensiosuunnan passiivisen liikelaajuuden on havaittu olevan yhteydessä parempaan kevennyshypyn tulokseen, kun taas lonkan fleksion ja sisäkierron passiivisen liikelaajuuden olevan yhteydessä huonompaan kevennyshyppyyn (Hoopingarner 2015). Lisäksi Konrad ym. (2021) totesivat lonkkaa fleksoivien ja nilkkaa plantaarifleksoivien lihasten toiminnallisella pituudella olevan kohtalainen yhteys kevennyshypyn tuloksiin.

3.2 Liikkuvuuden mittaaminen

Liikkuvuutta voidaan mitata yksittäisen tai useamman nivelen liikelaajuutena. Liikelaajuuden mittaaminen on toiminnallinen mittausmenetelmä, joka toimii epäsuorana mittauksena nivelen liikkeeseen vaikuttavien kudosten venyvyydestä. (Schwellnus 2003, 233.) Nivelien liikkuvuuden mittaamiseen on useita vaihtoehtoja. Luotettavin tapa mitata tietyn nivelen liikelaajuutta on passiivinen menetelmä, jossa testaaaja vie niveltä ääriasentoon samalla kun testattava on mahdollisimman rentona. Muita menetelmiä ovat esimerkiksi suorituksesta tehtävät kuva-analyysit ja epäsuorat testit, joissa voidaan mitata kehon anatomisten kohtien tai anatomisen kohdan ja ulkoisen vertailupisteen välisiä etäisyyksiä. (Ahtiainen 2018, 227–229.) Nivelliikkuvuuden mittaaminen alkaa nivelen nolla-asennosta. Nolla-asento on jokaisen nivelen kohdalta erikseen kansainvälisesti sovittu asento. (Kaltenborn 2017.) Mittausmenetelmää valitessa tulee miettiä, onko menetelmä todettu luotettavaksi ja päteväksi kyseisen asian mittaamiseen (Berryman Reese & Bandy 2010, 405). Mitattaessa spesifisti tiettyjen nivelten liikelaajuuksia voidaan saada tarkempaa tietoa yksilön liikerajoituksista ja lihasryhmien tasapainosta. (Ahtiainen 2018, 227–229.)

Goniometri on yleisimmin käytetty väline ylä- ja alaraajojen sekä selkärangan nivelten liikelaajuuksien mittaamiseen (Berryman Reese & Bandy 2010, 7). Goniometrillä mitattuna tulos voidaan ilmaista asteina (Ahtiainen 2018, 227). Goniometrillä mitatessa tutkijain sisäinen luotettavuus on tutkijain välistä luotettavuutta parempi. Mittaustulokset ovat luotettavia, kun mittaukset suorittaa sama henkilö ja mittauksissa noudatetaan johdonmukaisesti ennalta määritellyä mittausprotokollaa. Nivelkohtaisten mittaustulosten luotettavuus vaihtelee hyvästä erinomaiseen riippuen mitattavasta nivelestä. Käytettävän goniometrin koko määräytyy mitattavan nivelen mukaan. Suurempien nivelten mittaamiseen käytetään tyypillisesti isompaa goniometriä, mutta goniometrin koolla ei ole vaikutusta mittaustulosten luotettavuuteen. (Clarkson 2013, 18.) Tässä opinnäytetyössä nivelliikkuvuuksien mittaamiseen käytetään kaksivartista muovista goniometriä (MSD Europe bvba). Goniometri oli läpinäkyvä, pituudeltaan 30 cm ja siinä oli 360 asteen kolmiosainen mitta-asteikko. Tässä opinnäytetyössä mitataan molempien jalkojen liikkuvuudet ja tulokset ilmoitetaan niiden keskiarvona.

3.3 Lonkkanivel

Lonkkanivel eli articulatio coxae on moniakselinen pallonivel. Lonkkanivelessä toisiinsa nivelyvät reisiluun konvekksi pää, caput femoris, ja lonkkaluun konkaavi lonkkamalja, acetabulum. Acetabulum koostuu kolmesta luusta: os pubiksesta, os ischiumista ja os iliumista. Reisiluun pää on lähestulkoon kokonaan ruston peitossa, lukuun ottamatta pientä kohtaa, johon ligamentum capitis femoris kiinnittyy. Acetabulumissa on puolikuunmuotoinen rustoinen alue. Rusto on paksuinta sen superiorisessa osassa, jonne kohdistuu suurin kuorma, kun alaraajoille varataan painoa. Acetabulumin reunalla on rustoinen labrum, joka syventää acetabulumia tehden jo ennestään vahvasta lonkkanivelestä stabiilimman. Lonkkanivelen nivelkapseli on vahva ja kulkee sukka- maisesti nivelen yli. Lonkkanivelen ligamenteista tärkeimpiä ovat lig. iliofemorale, joka vahvistaa nivelkapselia anteriorisesti, lig. pubofemorale, joka vahvistaa nivelkapselia inferiorisesti ja lig. ischiofemorale, joka vahvistaa nivelkapselia dorsaalisesti. Muita lonkan ligamentteja ovat lig. transversum acetabulare, lig. capitis femoris ja lig. zona orbicularis. (Neumann 2016.)

Taulukko 1. Lonkkaniveltä liikuttavat lihakset (Neumann 2016; Reiman 2016, 747)

Liikesuunta	Normaali liikelaaajuus	Lihakset
Fleksio	140°	m. rectus femoris, m. psoas major, m. iliacus
Ekstensio	20°	m. gluteus maximus, m. adductor magnus, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. biceps femoris
Ulkorotaatio	45	m. gluteus maximus, m. piriformis, m. gemellus inferior, m. gemellus superior, m. obturator internus ja m. quadratus femoris
Sisärotaatio	45°	m. gluteus minimuksen anterioriset säikeet, m. gluteus mediuksen anterioriset säikeet
Abduktio	40°	m. gluteus minimus, m. gluteus medius
Adduktio	25°	m. adductor brevis, m. adductor longus, m. adductor magnus, m. gracilis

Lonkkaniveltä liikuttavat tärkeimmät lihakset ja normaalit liikelaajuudet ovat lueteltuna taulukossa 1. Näiden lihasten lisäksi lonkkanivelen liikkeissä avustaa monia muita lihaksia (Neumann 2016). Lonkkanivel saa hermotuksensa n. femoraliksesta, n. obturatoriuksesta, n. ischiadicuksesta, n. glutealis superiorista ja n. musculli quadrati femoriksesta. (Neumann 2016.)

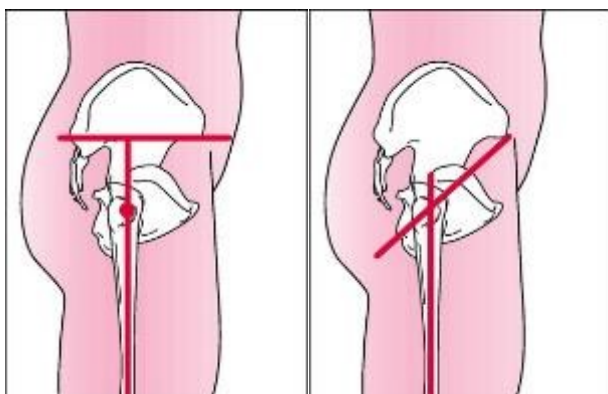
Lonkkanivelessä kapsulaarinen kaava, eli järjestyksessään tyypillisimmin rajoittuvat liikesuunnat, on sisärotaatio-ekstensio-abduktio-ulkorotaatio. Sen lepoasento on 30 asteen fleksio ja 30 asteen abduktio yhdistettynä pieneen ulkorotaatioon. Lonkkanivelen lukkoasento on maksimaalinen ekstensio nolla-asennosta, yhdistettynä sisärotaatioon ja abduktioon. Nolla-asento on asento, jossa jalka on vartalon jatkeena ja reiden pituusakseli kohtisuorassa spina iliaca anterior superiorin ja spina iliaca posterior superiorin väliseen linjaan nähden. (Kaltenborn 2017.)

Suurinta osaa lonkkanivelen liikesuunnista rajoittaa niveltä stabiloivien ligamenttien, niveltä liikuttavien lihasten sekä nivelkapselin venyttyminen. Liikesuunnista poikkeus on lonkkanivelen fleksio, joka rajoittuu usein etureiden ja keskivartalon pehmytkudosten painautuessa toisiaan vasten. Fleksio- ja ekstensiosuunnan liikkuvuudet ovat riippuvaisia polven asennosta, mikä tulee huomioida liikelaajuuksia mitattaessa. Lonkkanivelen täysi fleksio voidaan saavuttaa ainoastaan polvinivel fleksoituna. Polvi ekstensoituna takareiden m. biceps femoris, m. semitendinosus ja m. semimembranosus rajoittavat liikettä. Ekstensiosuunnan liikkuvuus tulee mitata polvinivel ekstensoituna. Polvi fleksoituna etureiden m. rectus femoris rajoittaa liikettä. (Berryman Reese & Bandy 2010, 295.) Bhamaren ym. (2017) tekemän tutkimuksen mukaan goniometrillä mitatun lonkan fleksiosuunnan liikelaajuuden mittaamisen tutkijain sisäinen luotettavuus vaihteli hyvästä erinomaiseen (ICC 0,86–0,96) samoin kuin lonkan ekstensiosuunnan (ICC 0,84–0,98).

Fleksio- ja ekstensiosuunnan liikkuvuuden mittaamisessa goniometrin asettelulla on kolme eri vaihtoehtoa: Mundalen tekniikka, pelvifemoraalikulman käyttäminen tai ylävartalon käyttäminen kiintopisteenä. Kaikissa tekniikoissa goniometrin akseli asetetaan trochanter majorin kohdalle ja liikkuva varsi asetetaan reiden lateraalisivulle kohti femurin lateraalista epikondyyliä. Mundalen

tekniikassa goniometrin paikallaan pysyvä varsi asetetaan trochanter majorista kohtisuoraan anteriorisen ja posteriorisen superiorisen spina iliaca vä-
lille vedettyä viivaa kohti. Pelvifemoraalista kulmaa käytettäessä goniometrin
paikallaan pysyvä varsi asetetaan trochanter majorista kohti spina iliaca an-
terior superioria. (Kuva 1.)

Ylävartaloa kiintopisteenä käytettäessä goniometrin paikallaan pysyvä varsi
asetetaan vartalon sivulle trochanter majorista vaakatasossa hoitopöydän mu-
kaisesti. Viimeisimpänä kuvatussa menetelmässä on tärkeää varmistaa lan-
tion pysyminen neutraaliasennossa. Lantion neutraaliasento määritellään
asennoksi, jossa superioriset spina iliaca anterior ja posterior ovat toisiinsa
nähdessä pystysuorassa linjassa ja spina iliaca anterior superior sekä symphy-
sis pubis ovat vaakatasossa linjassa. (Berryman Reese & Bandy 2010, 300–
301.) Tässä opinnäytetyössä goniometrin asettelussa käytetään paikallaan py-
syvän varren kiintopisteenä ylävartaloa, kuten Berryman Reese ja Bandy
(2010, 304–307) kuvaavat.



Kuva 1. Vaihtoehtoiset menetelmät lonkan liikkuvuuden mittaamiseen. Vasemmalla Mundalen
tekniikka ja oikealla pelvifemoraalikulman käyttäminen. (Physical Medicine & Rehabilitation
2016.)

American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) ja American Medical
Association (AMA) kuvaavat lonkan fleksiosuunnan liikelaajuuden mittaami-
seen kaksi eri menetelmää: selinmakuullaan ei-testattava jalka lonkasta flek-
soituna ja selinmakuullaan ei-testattava jalka lonkasta ekstensoituna. Näiden
lisäksi mittaus voidaan suorittaa kylkimakuulla. Suurimmat erot mittausasen-
noissa liittyvät lantion liikkeen kontrolloimiseen mittauksen aikana. Lantion liik-
kuminen voi vaikuttaa merkittävästi saatavaan mittaustulokseen ja heikentää
tulosten luotettavuutta. AAOSin ja AMAn mukaan mittaus tulisi suorittaa ei-

testattava jalka lonkasta fleksoituna, vaikkakin jalan pitäminen ekstensoituna pöytää vasten auttaa stabiloimaan lantiota ja on siten välttämätöntä. (Berryman Reese & Bandy 2010, 300.) Tässä opinnäytetyössä käytetään AAOSin ja AMAn suosittamista tekniikoista myöhemmin mainittua, jossa ei-testattava jalka pidetään lonkasta ekstensoituna hoitopöydällä auttaen stabiloimaan lantion vähentäen sen liikettä.

Lonkan ekstensiosuunnan liikelaajuuden mittaamiseen AAOS kuvaa kaksi eri menetelmää: testattava päinmakuullaan hoitopöydällä ei-testattava jalka ekstensoituna pöydän päällä ja testattava päinmakuullaan hoitopöydän päädyssä ylävartalo pöydällä ja ei-testattava jalka lonkasta fleksoituna hoitopöydän päädyn yli. Lonkka fleksoituna suoritettavan menetelmän tutkijain sisäisen ja tutkijain välisen luotettavuuden on todettu olevan toista menetelmää parempia, mutta testiasento voi olla osalle haastavaa, minkä takia sitä ei voida suositella kaikille käytettäväksi ensisijaisena menetelmänä. Lonkan ekstensiota rajoittaa pääosin lig. iliofemorale. (Berryman Reese & Bandy 2010, 301.) Tässä opinnäytetyössä käytetään AAOS:n suosittamista tekniikoista ensiksi mainittua, jossa ei-testattava jalka pidetään hoitopöydällä ekstensoituna. Mittaukset suoritetaan pääosin matkahoitopöydällä, jossa ei ollut korkeudensäätömahdollisuutta, mikä olisi voinut tehdä eroa eri pituisten testattavien välillä.

Lonkan abduktioliikesuunnan liikelaajuuden mittaaminen voidaan suorittaa selinmakuullaan tai kylkimakuullaan. Useimmiten käytetty menetelmä on selinmakuullaan jalka suorana tehty mittausta, jossa testattavan jalan lonkkanivel pidetään ekstensoituna hoitopöydällä. Abduktion mittausta voidaan suorittaa myös testattavan jalan lonkka 90 asteen fleksiossa, mutta tämä mittaustapa on luotettavuudeltaan huonompi. Lonkan abduktiota rajoittaa lig. pubofemorale. (Berryman Reese & Bandy 2010, 302.) Goniometrillä suoritettujen lonkan abduktioliikkeen liikelaajuuden mittaamisen tutkijain sisäisen luotettavuuden on todettu olevan hyvä (ICC 0,70–0,85) (Bhamare ym. 2017). Tässä opinnäytetyössä abduktion mittaaminen suoritetaan yleisellä tavalla testattava jalka ekstensoituna.

Lonkan rotaatiosuuntien liikelaajuutta mitataan tyypillisesti kahdella eri tavalla: lonkka fleksoituna 90 asteen kulmassa, jolloin testattava on istuma-asennossa

hoitopöydän reunalla tai lonkka ekstensoituna, jolloin testattava on joko päinmakuullaan jalat hoitopöydällä tai selinmakuullaan siten, että sääret ovat pöydän päädyn yli roikkuen. Molemmat menetelmien on todettu olevan yhtä luotettavia, joten tutkija voi itse valita kumpaa menetelmää käyttää (Berryman Reese & Bandy 2010, 302–303.) On kuitenkin huomioitava menetelmien välisen mittaustulosten eroavan toisistaan, joten eri menetelmillä saatuja tuloksia ei voida verrata keskenään (ks. Gradoz ym. 2018). Lonkan sisärotaatiota rajoittavat lig. ischiofemorale, nivelkapselin takaosa ja lonkkaa ulkorotatoivat lihakset. Ulkorotaatiota rajoittavat lig. iliofemorale, m. tensor fascia latae ja ilioti-bial band. (Berryman Reese & Bandy 2010, 302–303.) Goniometrillä suoritetun lonkan sisärotaation liikelaajuuden mittaamisen tutkijain sisäisen luotettavuuden on todettu vaihtelevan kohtalaisesta erinomaiseen (ICC 0,65–0,97). Ulkorotaation goniometrillä suoritettujen liikelaajuuden mittaamisen tutkijain sisäisen luotettavuuden on todettu olevan hyvä (ICC 0,84–0,94). (Bhamare ym. 2017.) Tässä opinnäytetyössä lonkan rotaation mittaaminen suoritetaan sekä lonkka fleksiossa että lonkka ekstensiossa. Lonkka fleksoituna tapahtuva mittaaminen suoritetaan istuma-asennossa hoitopöydän reunalla. Lonkka ekstensoituna mittaaminen suoritetaan päinmakuullaan hoitopöydällä.

3.4 Nilkkanivel

Nilkka koostuu ylemmästä (art. talocruralis) ja alemmasta (art. subtalaris) nilkkanivelestä (Barton ym. 2017, 85). Nilkkanivelestä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä art. talocruralista, eli ylempää nilkkaniveltä, joka on yksiakselinen sarranivel (Berryman Reese & Bandy 2010, 341; D’Antoni 2016, 1431; Kaltensborn 2017, 140). Nilkkanivelessä malleolus medialis tibiae ja malleolus lateralis fibulae muodostavat haarukan, jonka kattona toimii tibian ja fibulan välinen ligamentti. Niiden kanssa niveltyy trochlea tali, joka uppoaa edellämainittuun nivelhaarukkaan. Nivelpinnat ovat hyaliiniruston peitossa. Nivelältä tukee ligamentit mediaali- ja lateraalipuolella. Mediaalipuolella nivelältä tukee vahva lig. deltoideum, joka on muodoltaan kolmionmallinen. Se on jaettavissa useampaan osaan säiesuuntien mukaan. Lateraalipuolella nivelältä tukee kolme, toisistaan selkeämmin erotettavissa olevaa ligamenttia, jotka ovat lig. talofibulare anterior (FTA), lig. calcaneofibulare (FC) ja lig. talofibulare posterior (FTP).

Nilkkanivelen liikkeisiin vaikuttavat lihakset ja normaalit liikelaajuudet ovat lueteltuna taulukossa 2. Nilkkanivel saa hermotuksensa n. peroneus profunduksesta, n. saphenouksesta, n. suralikselta ja n. tibialikselta, mutta mahdollisesti myös n. plantaris medialikselta ja n. plantaris lateralikselta (D'Antoni 2016).

Taulukko 2. Nilkkaniveltä liikuttavat lihakset (D'Antoni 2016; Shefali & Reiman 2016, 880)

Liikesuunta	Normaali liikelaajuus	Lihakset
Dorsifleksio	Polvi suorana 20°	m. tibialis anterior, m. extensor hallucis longus, m. extensor digitorum longus ja m. peroneus tertius
Plantaarifleksio	30–50°	m. gastrocnemius, m. soleus, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus, m. plantaris ja m. tibialis posterior

Nilkkanivelen lepoasento on 10 asteen plantaarifleksio, lukkoasento on maksimaalinen dorsifleksio ja nolla-asento on asento, jossa jalkaterän lateraalisivu on kohtisuorassa sääreen pituusakseliin nähden. Ylemmän nilkkanivelen kapsulaarinen kaava on plantaarifleksio-dorsifleksio. (Kaltenborn 2017).

Nilkkanivelen plantaari- ja dorsifleksion liikelaajuuden mittaamiseen vaikuttaa polvinivelen ja subtalaarinivelen asento. Dorsifleksiota mitatessa polvi tulee pitää fleksoituna. Polvi ekstensoituna m. gastrocnemius ja m. soleus rajoittavat liikettä. Subtalaarinivel suositellaan pitämään neutraalissa asennossa sekä plantaari- että dorsifleksiota mitattaessa. Tällä pyritään vähentämään jalkaterän liikettä erityisesti dorsifleksiota mitatessa. Plantaarifleksiota mitatessa subtalaarinivelen neutraaliasennossa pitäminen ja jalkaterän liikkeen eliminoiminen on haastavampaa. Mitatessa testattava voi olla istuma-asennossa tai selinmakuullaan. (Berryman Reese & Bandy 2010, 347–348.) Tässä opinnäytetyössä nilkan liikkuvuuden mittaaminen suoritetaan testattavan ollessa istuma-asennossa tyyny polvitaiteen alla siten, että jalkaterä on hoitopöydän reunan yli.

Mittaustapoja ja goniometrin asetteluun käytettäviä maamerkkejä on useita. Yleisimmin goniometrin proksimaalisena kiintopisteenä käytetään fibulan

vartta. Distaalisena kiintopisteenä käytetään testattavan jalan kantapäätä, viidettä metatarsaaliluuta tai jalkapohjaa. Distaalisista kiintopisteistä viidennen metatarsaaliluun ja jalkapohjan käyttäminen ovat luotettavimmat menetelmät mitatessa dorsifleksiota. (Berryman Reese & Bandy 2010, 347–348.) Nilkan dorsifleksiota polvi koukistettuna rajoittavat nivelkapselin takaosa, lig. fibulocalcanea, lig. fibulotalaris posterior ja lig. deltan tibiotalaariosa. Nilkan plantaarifleksiota rajoittavat nilkkaa dorsifleksoivat lihakset, nivelkapselin etuosa, lig. fibulotalare anterior, ja lig. deltan tibionaviculare osa. (Berryman Reese & Bandy 2010, 343.) Martinin ja McPoilin (2005) tekemän kirjallisuuskatsauksen mukaan tutkijain sisäinen luotettavuus passiivista dorsifleksion liikelaajuutta, terveiltä henkilöiltä, mitatessa vaihtelee kohtalaisesta erinomaiseen. Samassa katsauksessa plantaarifleksion kohdalla tutkijain sisäisen luotettavuuden todettiin olevan erinomainen (Martin & McPoil 2005). Tässä opinnäytetyössä goniometrin liikkuvan varren kiintopisteenä käytetään viidettä metatarsaaliluuta, kuten Berryman Reese ja Bandy (2010, 350–355) kuvaavat.

4 VERTIKAALIHYPPYTESTIT

Vertikaalihyppytestejä käytetään alaraajojen ylöspäin suuntautuvan räjähtävän voimantuoton ja alaraajojen ekstensoreiden isoinertiaalisen, eli konsentris-eksentrisen, voimantuoton mittaamiseen. Tavallisimmin käytettyjä hyppytestejä ovat staattinen hyppy, kevennyshyppy ja pudotushyppy. Vertikaalihyppytestit ovat melko yksinkertaisia toteuttaa, helposti toistettavissa ja niiden variaatiokerroin, eli tulosten hajonta, on alhainen, vain neljästä viiteen prosenttia (Kyröläinen 2018, 198–200.) Kädet lanteilla suoritettujen staattisen hypyn ja kevennyshypyn tulosten vaihtelun on todettu olevan pienintä ja siten olevan hyppytesteistä luotettavimpia mittareita verrattuna käsien heilautuksen avulla suoritettaviin vertikaalihyppyihin ja horisontaalisuunnan hyppytesteihin. Kevennyshypyn on todettu korreloivan hyppytesteistä parhaiten alaraajojen räjähtävän voimantuoton kanssa. Erilaisten vertikaalihyppyjen, joissa käytetään apuna käsien heilautusta, on todettu korreloivan huonoiten. (Markovic ym. 2004.) Tässä opinnäytetyössä hyppytesteinä käytetään staattista hyppyä, kevennyshyppyä ja 10/5-toistohyppytestiä.

Hyppyjen eksentrisen vaiheen aikana nilkka dorsifleksoituu ja polvi sekä lonkka fleksoituvat pois lukien staattinen hyppy, jossa ei suoriteta eksentristä

vaihetta. Hyppyjen konsentrisen vaiheen aikana polvi sekä lonkka ekstensoituvat ja nilkka plantaarifleksoituu. (Earp ym. 2010.) Hyppäämisen tehokkuuteen vaikuttaa kyky aktivoida yksittäisiä lihasryhmiä mahdollisimman oikea-aikaisesti ja oikeassa järjestyksessä. Aktivaatio esiintyy tyypillisesti proksimodistaalisesti. Ensimmäisenä aktivoituvat ylävartalon ekstensorit, minkä jälkeen lonkan ekstensorit ja viimeisenä polven ekstensorit sekä nilkan plantaarifleksorit. (Zajac 1993.) Cerrah ym. (2014) totesivat parempien hyppytestien taustalla olevan nilkkanivelen ja sitä liikuttavien lihasten tehokkaampi hyödyntäminen hyppäämisessä. Lonkka- ja polvinivelen kohdalla vastaavaa eroa ei havaittu (Cerrah ym. 2014). Hyppyjen aikana kehon massakeskipiste pysyy suurin piirtein vakiona ja tukipisteiden, eli jalkojen, yläpuolella. Gastrocnemius-lihaksen lateraaliosan rakenteella, esimerkiksi suuremmalla lihaksen paksuudella ja suuremmalla pennaatiokulmalla on positiivista vaikutusta hyppytestien tuloksiin. (Earp ym. 2010.)

Jalkapalloilijoilla vertikaalihyppytestejä käytetään mittaamaan alaraajojen räjähtävää voimantuottoa ja ponnistusvoimaa (Burgess & Gabbett 2013, 325). Perez-Arronizin ym. (2023) tekemässä katsauksessa todettiin jalkapallomaalivahtien vertikaalihyppytestien tulosten olevan pelipaikkakohtaisessa vertailussa parhaita yhdessä keskuspuolustajien kanssa tai eroavan vain vähän muista kenttäpelaajista. Westin (2018) tekemässä katsauksessa todettiin maalivahtien vertikaalihyppytestitulosten olevan samankaltaisia kenttäpelaajien kanssa, mutta maalivahtien voimantuoton olevan suurempaa. Yhtenä syynä tähän on maalivahtien keskimäärin suurempi kehonpaino. Sporis ym. (2009) ammattilaisjalkapalloilijoilla tekemässä tutkimuksessa todettiin maalivahtien staattisen ja kevennyshypyn tulosten olevan keskimäärin parempia. Usein maalivahtit harjoittelevat täysin erillään muusta joukkueesta keskittyen tekniseen ja räjähtävään suorittamiseen, mikä voi selittää näiden ominaisuuksien parempaa kehittymistä (White ym. 2018). Vertikaalisuuntaan suoritettavat hyppytestit eroavat jalkapallomaalivahtien lajinomaisesta lateraalisuunnan ponnistusliikkeestä jaloista vaadittavilta voimaominaisuuksilta. Tämän takia vertikaalihyppytestien ei voida olettaa kertovan suoraan yksilön lajinomaisesta suorituskyvystä. (Ibrahim ym. 2019.)

4.1 Alaraajojen voimantuotto

Lihaskoivu kuvastaa voimaa, joka syntyy, kun lihas supistuu ja voima siirtyy jänteen kautta luihin. Voimantuottokyky luustolihasissa riippuu monesta tekijästä: niiden rakenteesta ja pituudesta, lihassolujakaumasta, sidekudoksen määrästä ja laadusta, verenmäärästä lihaksessa, lihaksen esivenytyksestä ja jännityksestä, nivelkulmasta, iästä sekä sukupuolesta. (Kauranen & Nurkka 2014, 293–294.) Fysiologisesti merkittävää on esimerkiksi lihaksen poikkipinta-ala, mekaanisesti vipuvarsien pituus ja neurologisesti hermoimpulssien määrä, tiheys ja harjoittelun määrä. (Kauranen & Nurkka 2021, 471.) Luustolihakset pystyvät tuottamaan enimmillään 16–30 newtonin voiman neliösenttimetriä kohden (McArdle ym. 2023, 552).

Voimantuotto-ominaisuudet voidaan ohjeellisesti jakaa maksimi-, nopeus- ja kestovoimaan. Jaottelu tapahtuu voimantuottotavan energiantuottovaatimusten sekä hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden rekrytoinnin määrän ja tavan mukaan. Urheilussa voimantuottoa tarvitaan vaihtelevissa tilanteissa erilaisissa asennoissa ja erilaisilla nopeuksilla oman kehon painon, vastustajan sekä välineen liikuttamiseen. Näissä tilanteissa voimantuoton keston vaade voi vaihdella muutaman sadasosamillisekunnin nopeusvoimasuoritteista useiden tuhansien toistojen kestovoimasuorituksiin. (Ahtiainen & Häkkinen 2018, 168–169.)

Maksimivoima tarkoittaa lihaksen korkeinta mahdollista voimaa, jonka se pystyy tuottamaan. Maksimivoimaa pystytään ylläpitämään noin 5 sekuntia kerralla, koska se on keholle hyvin rasittavaa. Nopeusvoima tarkoittaa lihastyötä, jossa on tarkoitus tuottaa maksimaalinen voimantuotto mahdollisimman nopeasti, jolloin vaaditaan suurta voimantuottonopeutta. Se mittaa käytännössä motoristen yksiköiden aktivointinopeutta. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.) Suorituksen teho saadaan laskettua jakamalla tuotettu voima ja suoritukseen kuluneella ajalla. Mikäli halutaan parantaa suorituksen tehoa, pitää nopeusominaisuuksien lisäksi kehittää maksimivoimaa. (Isolehto 2016.) Kestovoima tarkoittaa lihastyötä, jossa tiettyä voimatasoa koitetaan ylläpitää pitkä aika, tai koitetaan saavuttaa tietty voimataso monesti peräkkäin, lyhyellä palautusajalla. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.) Tässä opinnäytetyössä käytettävät hyppytestit mittaavat nopeusvoimaominaisuuksia.

Nopeusvoimasuorituksessa tuotetaan nopealla lihassupistuksella konsentrista, eksentristä tai kumpaakin lihastyötä. Nopeusvoimasta voidaan puhua voimantuottoajan ollessa 0,2–0,5 sekuntia. Voimantuottoon kuluva aika voidaan tarkastella voima-aikakäyrän avulla, jossa jyrkempi käyrä kuvaa nopeampaan voimantuottoa ja päinvastoin. Käyrän jyrkkyys kuvaa kertosuorituksessa testattavan kykyä rekrytoida varsinkin nopeita motorisia yksiköitä toimimaan suurella syttymisfrekvenssillä. Nopeusvoimaa testattaessa mitataan hermo-lihasjärjestelmän toimintaa. Mittaukset voidaan suorittaa isometrisesti tai isokineettisesti. Koska voima on vektorisuure, eli sillä on suunta ja suuruus, tulee testit suorittaa siten, että voima kohdistuu mahdollisimman kohtisuoraan mittalaitteeseen mittavirheiden minimoimiseksi. Testauksessa tulee toimia tarkasti mittavälineiden kanssa ja niiden luotettavuutta voidaan parantaa kalibroimalla. (Ahtiainen & Häkkinen 2018, 169–176.) Hyppytesteistä staattinen hyppy ja kevennyshyppy ovat luotettavimpia, kun halutaan mitata alaraajojen räjähtävää voimantuottoa (Markovic ym. 2004).

Lihassolut käyttävät energianlähteenään adenosiinitrifosfaattia (ATP) (McArdle ym. 2023, 152). ATP:tä tuotetaan koko ajan lisää ja sitä voidaan tuottaa useammalla eri tavalla. Pääasialliseen ATP:n tuotantotapaan vaikuttaa suorituksen kesto ja intensiteetti. (Kauranen 2014, 180–184.) Levossa kehoon on varastoituneena noin 80–100 grammaa ATP:tä, josta riittää energiaa muutaman sekunnin kovatehoiseen suoritukseen. Lyhyissä intensiivisissä suorituksissa energianlähteenä käytetään kehoon varastoituneen ATP:n lisäksi pääasiassa ATP-PCr -järjestelmästä saatua energiaa. Nimensä mukaisesti ATP-PCr-järjestelmä perustuu adenosiinitrifosfaatin ja kreatiinifosfaatin (PCr) käyttöön. (McArdle ym. 2023, 150–154.) Kreatiinifosfaattia muodostetaan maksassa kreatiinista ja fosfaatista ja sitä on varastoituneena lihaksiin noin 3–5 kertaa enemmän kuin ATP:tä. Sen avulla lihaksessa voidaan muodostaa ATP:a lisää ja ylläpitämään maksimaalista suorituskykyä noin 10 sekunnin ajan. (Kauranen 2014, 180–184.) ATP-PCr-järjestelmä on tärkeässä osassa esimerkiksi hyppäämisessä. Suoritusten välisellä 30 sekunnin tauolla voidaan saavuttaa järjestelmän 70 % palautuminen ja 3–5 minuutin kuluessa se on palautunut kokonaan. (Morton 2008, 91.)

4.1.1 Hermolihasjärjestelmät

Ihmiskehon hermosto voidaan jaotella kahteen päätyyppiin: aivojen ja selkäytimen muodostamaan keskushermostoon ja aivo- ja selkäydinhermojen muodostamaan ääreishermostoon. Hermosto voidaan myös jaotella somaattiseen, eli tahdonalaiseen ja autonomiseen, eli tahdosta riippumattomaan hermostoon. Luustolihasia hermostaa somaattinen hermosto. (McArdle ym. 2023, 422–429.) Hermoverkoston tehtävänä on lähettää ja vastaanottaa tietoja, eli hermoimpulsseja niin keskus- kuin ääreishermoston tasolla. Hermokudos muodostuu neuroneista ja gliakudoksesta. Neuronin eli hermosolun muodostuu solun runko-osasta, somasta, siihen kiinnittyvistä tuojahaarakkeista, dentriiteistä ja viejähaarakkeista, aksonista, joka voi olla jopa 1,25 m pitkä. Tiedon välittyminen hermosoluissa tapahtuu aktiopotentiaalilla eli hermoimpulssin kautta. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.)

Ihmiskehon painosta melkein puolet koostuu lihaksista. Tässä opinnäytetyössä keskitytään luustolihasiin. Luustolihakset ovat poikkijuovaista lihaskudosta ja kiinnittyvät jänteillä luihin. Poikkijuovaisen lihaksen lihassyöt voivat rakentua eri tavoin, mutta yleisiä piirteitä ovat tahdonalaisuus, supistumiskyky, kyky johtaa aktiopotentiaalia ja kyky venyttyä ennen kuin se vaurioituu. Lihaksessa etenevä aktiopotentiaali saa aikaan lihaksen supistumisen, ja luiden välisen liikkeen. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.) Kokonainen lihasrunko muodostuu lihassäiekimpuista, jotka muodostuvat yksittäisistä lihassäikeistä. Lihassäikeiden sisällä on vielä pienempiä, rinnakkain olevia osia, myofibrillejä. Myofibrillit muodostuvat lihassäikeeseen nähden rinnakkain olevista myofilamenteista, jotka muodostuvat suurimmaksi osin myosiini- ja aktiini-proteiineista. Myofilamentit muodostavat toistuvan rakenteen, sarkomeerin, joka on lihassäikeen supistuva osa. (McArdle ym. 2023, 391–397.) Lihasten elastisuutta lisää itse poikkijuovaisen lihaskudoksen lisäksi myös niitä ympäröivät lihaskalvot, jotka muodostuvat pääosin tyypin I kollageenista, sekä jänteet. Yksittäinen jänne voi venyä pituudestaan noin 3–5 %, ennen sen vaurioitumista. Mitä paksumpi jänne on, sitä enemmän se kestää vetoa. Jänteiden vetolujuutta voidaan parantaa noin 15 % fyysisellä harjoittelulla. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.)

Motoriseksi yksiköksi kutsutaan hermolihaskäytännön toiminnallista yksikköä, joka koostuu α -motoneuronista ja lihassoluista, joita se hermottaa. Motoneuronin sooma sijaitsee selkäytimen etusarven harmaassa massassa ja on suurimmaksi osaksi impulssinopeutta suurentavan myeliinitupen peitossa päättyen lihassoluun. Yhtä lihassolua hermottaa yleensä vain yksi motoneuroni, mutta sama motoneuroni voi hermottaa montaa eri lihassolua. Se miten montaa lihassolua α -motoneuroni hermottaa, riippuu osittain siitä, miten hienomotorinen tehtävä hermotettavalla lihaksella on. Motoneuroni-lihassolusuhte on myös yksilöllinen ominaisuus ja se voi osittain selittää urheilumenestystä. Kaikki motoneuronit eivät aktivoitu samaan aikaan, vaan ne toimivat hieman portaittain energian säästämiseksi. Hermoimpulssi saa aikaan lihassäikeen maksimaalisen aktivoitumisen. Motorisia yksiköitä rekrytoidaan toimimaan sen mukaan, mitä liikettä tehdään ja miten paljon voimaa tarvitaan. (McArdle ym. 2023, 430–437.)

Aksonin ja lihassolun välille muodostuvaa liitosta kutsutaan hermolihaskäytännön liitokseksi. Hermolihaskäytännön liitos on yksi synapsin muoto, jossa hermoimpulssi etenee hermosolusta lihassoluun. Hermolihaskäytännön liitoksen synapsi muodostuu α -motoneuronin presynaptisesta kalvosta, jossa sijaitsee synapsirakkuloita sisältäen välittäjäaine asetyylikoliinia, synapsiraosta ja lihassolun postsynaptisesta kalvosta. Kun hermoimpulssi saapuu aksonipäätteeseen, avautuvat solukalvon kalsiumkanavat ja kalsiumionit pääsevät aksonipäätteeseen, joka saa aikaan solukalvon jännitteenmuutoksen. Synapsirakkulat, jotka ovat täynnä asetyylikoliinia, liikkuvat kohti presynaptista solukalvoa. Asetyylikoliini vapautuu synapsirakoon kalsium-ioneiden vaikutuksesta ja kulkeutuu kohti postsynaptista kalvoa diffuusion avulla. Siellä se menee asetyylikoliinireseptoreihin ja saa aikaan jännitemuutoksia, päätelevypotentiaalin ja halutun lihassolun supistuksen. Asetyylikoliiniesteraasi poistaa asetyylikoliinin ja jännite palautuu entiselleen. (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294.)

Lihassolut voidaan jakaa kahteen ryhmään niiden ominaisuuksien mukaan, hitaisiin, I-tyyppin lihassoluihin ja nopeisiin, II-tyyppin lihassoluihin. Hitaat I-tyyppin lihassolut ovat väriltään punaisia, koska niissä on paljon mitokondrioita ja sisältävät rautaa sisältäviä proteiineja, sytokromia ja myoglobiinia. Hitaat lihassolut ovat ominaisuuksiltaan nopeita lihassoluja kestävämpiä, mutta supistu-

vat hitaammin, niiden energiansaanti riippuu oksidatiivisesta metaboliasta. Nopeat II-tyyppin lihassolut ovat väriltään vaaleita ja ne jaetaan vielä Ila, IIx ja IIb alatyyppeihin. Ila lihassoluissa energian tuotto voi tapahtua aerobisesti tai anaerobisesti ja ne kykenevät supistumaan nopeasti, IIb lihassoluissa energian tuotto tapahtuu anaerobisesti ja ne omaavat nopeimman supistumiskyvyn, IIx lihassolut ovat yhdistelmä kahta edellä mainittua. (McArdle ym. 2023, 409–411.)

Ihmisessä arvioidaan olevan noin 27 500 lihassukkula. Lihassukkula on γ -motoneuroneilla ja β -motoneuronilla hermotettu, erikoistuneista soluista koostuva reseptori. (Kauranen & Nurkka 2010, 132–134.) Lihassukkuloiden tehtävänä on reagoida lihaksen pituudessa ja jännityksessä tapahtuviin muutoksiin (McArdle ym. 2023, 439). Lihassukkuloilla on merkittävä rooli venytysrefleksissä. Venyessään lihassukkula lähettää tiheästi aktiopotentiaaleja nousevia hermoratoja pitkin selkäytimen takasarveen, josta refleksikaaren kautta lähtee aktiopotentiaaleja α -motoneuronilla hermotettuihin lihassoluihin, ja saa venytetyn lihaksen supistumaan. Useimmat lihassukkulan nousevat hermoradat synapsoivat suoraan tai interneuronin kautta saman lihaksen α -motoneuronien kanssa selkäydintasolla, ja vain osa muodostaa hermoyhteyksiä aivotasolle asti. Lihassukkula lähettää sitä tiheämmin aktiopotentiaaleja ylöspäin, mitä nopeammin lihasta venytetään. Näin ollen hitaasti venytetty lihas relaxoituu, kun taas nopeasti venytettäessä lihas aktivoituu. (Kauranen & Nurkka 2010, 132–134.) Lihäs-jänneliitoksessa sijaitsee myös golgin jänne-elimiä, jotka ovat sensorisia reseptoreita ja niiden tehtävänä on suojella lihasta liian suuren jännittymisen aiheuttamilta vaurioilta ja aistia lihaksen tensiossa tapahtuvia muutoksia. Suojarefleksissä lihaksen jännittyessä, lähettävät golgin jänne-elimet selkäyttimeen aktiopotentiaaleja, jotka inhiboivat saman lihaksen α -motoneuronin toimintaa interneuronin kautta. (McArdle ym. 2023, 441–442.)

Venymis-lyhenemissykli tarkoittaa lihastyötappaa, jossa venyttävää eksentristä vaihetta seuraa välittömästi supistuva konsentrisen vaihe. Siinä käytetään hyödyksi edellisessä kappaleessa mainittua hermoston aktivaation lisääntymistä ja lihaksiin sitoutunutta elastista energiaa, joka on sitoutunut lihasten sidokudokseen ja lihasten sisäisiin aktiini- ja myosiinifilamenttien välille muodostuviin poikkisiltoihin. (Häkkinen 2018.) Lihaksen suurin potentiaalinen voima, jonka lihas voi konsentrisen vaiheen aikana tuottaa, saavutetaan, kun lihaksen

supistusta edeltää lihaksen venyttäminen. Taustalla olevan mekanismin syitä voi olla monia: keholla on enemmän aikaa tuottaa voima lihakseen, sillä on mahdollisuus elastisen energian hyödyntämiseen, se voi hyödyntää kontraktioituvissa rakenteissa olevaa potentiaalia, se voi hyödyntää kontraktioituvissa rakenteissa olevaa potentiaalia yhdessä elastisten komponenttien kanssa tai se voi hyödyntää refleksejä. (Markovic & Mikulic 2010.) Jotta elastista energiaa pystytään hyödyntämään optimaalisesti, lihaskontraktiota edeltävän venytyksen pitää olla nopea. Kevennyshyppy on esimerkki venymis-lyhenemissyklin hyödyntämisestä. Mitä enemmän kevennysvaiheessa kyykistytään, sitä suurempi painoarvo hypyn nousukorkeuteen tulee käytetystä lihasvoimasta ja elastista energiaa hyödynnetään suhteessa vähemmän. Toisin sanoen pienemmällä nivelkulmalla hypättäessä käytetään enemmän elastista energiaa hyödyksi suhteessa kokonaisvoimantuottoon. Hyppytestien aikana elastista energiaa hyödynnetään etenkin nilkan plantaarifleksoreiden puolelta, jossa sitä on varastoituneena suhteellisen paljon. (Kopper ym. 2014.)

4.1.2 Venymis-lyhenemissykli

Reaktiivisen voiman mittaaminen on keino arvioida venymis-lyhenemissyklin toimintaa ja tehokkuutta. Useimmiten reaktiivinen voima määritellään kyvyksi vaihtaa nopeasti eksentrisestä lihastyöstä konsentriseen lihastyöhön, mutta se voidaan määritellä myös kyvyksi tuottaa räjähtävästi voimaa eksentrisen kuorman vaikutuksen alaisena. (Healy ym. 2017; McGuigan ym. 2013, 225.) Reaktiivista voimaa tarvitaan useimmissa urheilulajeissa (McGuigan ym. 2013, 225). Tavallisesti reaktiivista voimaa testataan pudotushyppytestillä, mutta muitakin menetelmiä on kehitelty (Stratford ym. 2021). Reaktiivisen voiman tuottaminen jaetaan tavallisesti nopeaan ja hitaaseen tapaan suorituksen kontaktiajan perusteella. Nopeassa kontaktiaika on alle 250 ms ja hitaassa yli 250 ms. (Healy ym. 2017.) Reaktiivista voimaa mittaavissa testeissä havaitaan parempia tuloksia urheilijoilla, joiden suhteelliset voimatasot ovat korkeampia. Tämä on seurausta kehon painon paremmasta hallinnasta liikkeen eksentrisessä vaiheessa, joka mahdollistaa tehokkaamman voimantuoton. (Southey ym. 2023.)

Reaktiivista voimaa kuvataan tyypillisesti kahdella eri arvolla, jotka ovat reaktiivisen voiman indeksi (reactive strength index, RSI) ja reaktiivisen voiman

suhde (reactive strength ratio, RSR). Näiden kahden arvon välillä on vahva korrelaatio, mutta eri arvot eivät ole keskenään vertailtavissa. Testatessa tulee miettiä, kumpi arvo on arvioitavan suorituksen kannalta parempi. Hypyn nousukorkeus vaikuttaa enemmän RSI-arvoon, joten suorituksissa, joissa nousukorkeus on oleellista, suositellaan käyttämään RSI-arvoa kuvaamaan reaktiivista voimaa. Muutos suorituksen kontaktiajassa vaikuttaa enemmän RSR-arvoon, jolloin sen käyttäminen on suositeltavaa urheilijoilla, joilla korostuu kontaktiajan merkitys. Saman hypyn RSR-arvo on suurempi kuin RSI-arvo, kunnes hypyn nousukorkeus ylittää 0,815 metriä.

RSI voidaan määrittää kaavalla 1 (Healy ym. 2017).

$$RSI = H \div C \quad (1)$$

jossa	H	hypyn korkeus	[mm]
	C	kontaktaiaika	[ms]

RSR voidaan määrittää kaavalla 2 (Healy ym. 2017).

$$RSR = T \div C \quad (2)$$

jossa	T	lentoaika	[ms]
	C	kontaktaiaika	[ms]

4.2 Hyppytestien mittaaminen

Hermolihasjärjestelmän toimintaa mitattavat testit suoritetaan pääasiallisesti sisätiloissa häiriötekijöiden ja muuttujien minimoimiseksi (Ahtiainen & Häkkinen 2018, 179). Yksittäinen hyppytesti suositellaan suorittamaan useammin kuin kerran tulosten satunnaisuuden poistamiseksi. Useampi suoritus vähentää myös mittavirheistä johtuvaa tulosten vääristymistä. (McMahon ym. 2019.) Woolfordin ym. (2013) mukaan mitattavia hyppyjä tulee suorittaa vähintään kolme, mutta hyppyjä voidaan toistaa niin kauan, kuin tulokset paranevat. Mikäli yhdellä kerralla testataan ainoastaan yksi hyppytesti, suositellaan suoritettavaksi viisi suoritusta (Petrigna ym. 2019).

Mikäli samalla kertaa suoritetaan useampia hyppytestejä, vaikuttaa yksittäisen hyppytestin suoritusten määrään testien kokonaismäärä. Hyppytestit ovat suurella intensiteetillä suoritettavia voimatestejä, jolloin harjoituksen väsymisvaikutuksena työtä tekevien lihasten hermostollinen kapasiteetti maksimaaliseen voimantuottoon laskee 5–10 maksimaalisen suorituksen jälkeen. Väsymysvaikutusten takia tulee huomioida testien järjestys, ajoitus ja testien välisten taukojen pituudet. Testattaville tulee taata riittävän pitkät palautumisajat suorituksen välillä, mikäli ei ole tarkoituksenmukaista testata väsyneen tilan suorittamista. (Häkkinen 2018, 174.)

Yleisimmin parhaana pidetty menetelmä hyppytestien mittaamiseen on kiinteän voimalevyn käyttäminen (ks. Attia ym. 2017, 63–70; Buckthorpe ym. 2012) ja tuloksen laskeminen ponnistuksen lähtönopeuden mukaan (Yamashita ym. 2020). Kiinteitä voimalevyjä on pääasiassa laboratoriotiloissa, jolloin niiden käyttäminen ei ole käytännön syistä mahdollista monille urheilun parissa toimiville. Tästä syystä vaihtoehtoisia testausmenetelmiä ja laitteita on kehitetty useita. (Buckthorpe ym. 2012.) Kenttäolosuhteissa testaamista varten kehitettyjä laitteita ovat siirrettävä voimalevy, kontaktimatto, valokennot, videokuva-analyysohjelmot, kiihtyvyyssanturi ja lineaarianturi. (McMahon ym. 2019.) Muita testausmenetelmiä ovat jump and reach -mittaus ja vyömaton käyttö (Buckthorpe ym. 2012). Yleisimmin käytettyjä mittausvälineitä ovat valokennot, kontaktimatto, videokuvaus ja voimalevy (Kauranen 2021, 110). Käytettävän mittauslaitteen valintaan vaikuttaa, mitä tietoja testistä halutaan, mitä laitteita ja ohjelmistoja on mahdollisuus käyttää ja kuinka nopeasti tietoa tarvitaan (McMahon ym. 2019).

Boscon ym. (1978) mukaan mittaamalla hypyn lentoaika voidaan määrittää hypyn nousukorkeus. Lentoajan perusteella voidaan määrittellä testattavan massakeskipisteen lähtönopeus ponnistuksessa kaavalla 3.

$$V_i = 1 \div 2 \cdot t_{air} \cdot g \quad (3)$$

jossa	V_i	lähtönopeus	[m/s]
	t_{air}	lentoaika	[ms]

g maan vetovoiman kiihtyvyys [m/s²]

Kun tiedetään lähtönopeus, voidaan kehon massakeskipisteen nousukorkeus laskea kaavalla 4 (Komi & Bosco 1978).

$$h = \frac{V_i^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

jossa	h	massakeskipisteen nousukorkeus	[m]
	V_i	lähtönopeus	[ms]
	g	maan vetovoiman kiihtyvyys	[m/s ²]

Kenttätestauksissa suositellaan käyttämään, tulosten luotettavuuden varmistamiseksi, mahdollisuuksien mukaan joko siirrettävää voimalevyä tai vyömattoa. Siirrettävän voimalevyn tulosten on todettu poikkeavan vain vähän kiinteällä voimalevyllä saatavista tuloksista poikkeavuuden ollessa keskimäärin yhden senttimetrin tai kaksi prosenttia hypyn nousukorkeuden tuloksista.

(Buckthorpe ym. 2012.) Voimalevy mittaa testattavan levyä vasten tuottamaa voimaa ja voimantuottoa venymäliuska-antureilla tai voima-antureilla. Mittaaminen perustuu Newtonin 3. lakiin voimasta ja vastavoimasta (McMahon ym. 2019), jonka mukaan kappaleen A vaikuttaessa kappaleeseen B tietyllä voimalla, vaikuttaa kappale B kappaleeseen A yhtä suurella, mutta vastakkaisuuntaisella voimalla (Kauranen & Nurkka 2010, 217). Kiinteä ja siirrettävä voimalevy käyttävät mittaamiseen samaa toimintaperiaatetta. Tämä selittää tulosten yhteneväisyyttä. (Buckthorpe ym. 2012.) Lähtönopeuden ja lentoajan perusteella laskettujen hyppytestien nousukorkeuksien arvojen on todettu olevan samankaltaisia, mutta lentoajalla saadaan keskimäärin hieman parempia tuloksia (Pérez-Castilla & García-Ramos 2018; Yamashita ym. 2020). Tässä opinnäytetyössä vertikaalihyppytestien nousukorkeus määritellään voimalevyn mittaaman lentoajan mukaan.

Voimalevyllä hyppytestien nousukorkeus voidaan määrittellä ponnistusvoimamittauksen avulla. Tällöin testattavan massakeskipisteen lähtönopeus voidaan määrittellä hyödyntäen aika-tukivoimakuvaa kaavalla 5. (Linthorne 2001.)

$$\int_{t_{alku}}^{t_{ih}} F_{tuki} dt + \int_{t_{alku}}^{t_{ih}} mg dt = J_{tuki} + J_{paino} = mv_{ih} \quad (5)$$

jossa	t_{ih}	ponnistuksen irtoamishetki	
	t_{alku}	ponnistuksen aloitushetki	
	F_{tuki}	testattavaan kohdistuva tukivoima	[N]
	dt	kevennyksen syvin vaihe	
	g	maan vetovoiman kiihtyvyys	[m/s ²]
	J_{tuki}	testattavan tuottama voima	[N]
	J_{paino}	testattavan paino	[N]
	m	massakeskipisteen massa	[kg]
	v_{ih}	irtoamishetken nopeus	[ms]

Kun massakeskipisteen lähtönopeus tiedetään, voidaan nousukorkeus määrittää mekaanisen energian säilymislailla. Testattavan tuottama liike-energia vastaa huippukorkeuden potentiaalienergiaa, joka voidaan kuvata kaavalla 6. (Linthorne 2001.)

$$\frac{1}{2}mv_{ih}^2 + mgy_{ih} = \frac{1}{2}mv_{huippu}^2 + mgy_{huippu} \quad (6)$$

jossa	m	massakeskipisteen massa	[kg]
	v_{ih}	irtoamishetken nopeus	[ms]
	g	maan vetovoiman kiihtyvyys	[m/s ²]
	v_{huippu}	huippukorkeuden nopeus	[m/s ²]
	y_{huippu}	huippukorkeuden potentiaalienergia	[J]

Tämän jälkeen yhtälöstä voidaan supistaa massat pois ja huomioidaan irtoamishetken potentiaalienergian ja huippukorkeuden nopeuden olevan nolla, voidaan hypyn huippukorkeus ratkaista kaavalla 7 (Linthorne 2001).

$$\frac{1}{2}mv_{ih}^2 \quad (3)$$

jossa	m	massakeskipisteen massa	[kg]
	v_{ih}	irtoamishetken nopeus	[ms]

Voimalevyllä suoritetusta hyppytestistä saatavan tiedon avulla voidaan tehdä tarkempi analyysi hyppysuorituksesta ja tulokseen vaikuttavista tekijöistä (Buckthorpe ym. 2012). Voimantuottonopeutta voidaan tutkia tarkemmin verrattuna muihin välineisiin siitä saatavan voima-aikakäyrän avulla (Kauranen 2021, 96) ja hypyn eksentrisen ja konsentrisen vaiheen voiman ja tehon tuottoa pystytään tarkastelemaan erikseen (Buckthorpe ym. 2012). Voimalevyn mittaustaaajuuden suositellaan olevan minimissään 1000 Hz, jos tarkoituksena on arvioida voima-aikakäyrää. Esikevennyshypyn tuloksen arviointiin on kuitenkin todettu riittävän 200 Hz:n mittaustaaajuus. Ennen siirrettävällä voimalevyllä suoritettavia testejä tulee varmistaa, että voimalevy on tasaisella alustalla, johdot ovat kytkettynä oikein, analysointiohjelma ja levy ovat yhteydessä, voimalevy on kalibroitu, voimalevyn mittaustaaajuus ja mittausohjelman kesto ovat riittävät ja että voimalevy on nollattu ennen suoritusta. Näiden asioiden ollessa varmistettu tulee jokainen testattava punnita käytettävällä voimalevyllä ennen testejä. (McMahon ym. 2019.)

Voimalevy on suhteellisen kallis, mutta kattava voimanmittausväline, jolla saadaan mitattua monia eri ominaisuuksia tehon ja voiman osalta (Burgess & Gabbett 2013, 325). Nykyään kaupallisia, siirrettäviä, voimalevyjä on useita ja ne ovat helpommin saatavissa kaikille (McMahon ym. 2019). Tässä opinnäytetyössä hyppytestit suoritetaan HUR Force Platform FP8 2003 -voimalevyllä (Ab HUR Oy, Kokkola, Suomi). Hyppyjen analysoidaan HUR Labs Force Platform Software Suite -analyysiohjelmistolla. Ohjelmisto sisältää staattisen, kevennyshypyn ja pudotushypyn, elastisuustestin ja väsytystestin. Nousukorkeuden lisäksi ohjelmisto antaa tiedot mm. voimantuottonopeudesta, maksimivoimasta ja impulssista (hur.fi).

4.3 Staattinen hyppy

Staattinen hyppy on luotettava mittausmenetelmä (Markovic ym. 2004), jota käytetään yleisesti mittaamaan alaraajojen maksimaalista konsentrista nopeusvoimaa (McGuigan ym. 2013, 221) ja kykyä rekrytoida motorisia yksiköitä (Bosco 1999, 31). Petrigna ym. (2019) tutkivat, miten staattisen hypyn testi tulisi ohjeistaa suoritettavaksi, jotta se olisi mahdollisimman luotettava ja toistettava. Tutkimuksessa luotiin suositukset testin suorittamiseen. Suosituksen

mukaan alkuasennossa jalat asetetaan lantion leveydelle, kädet pidetään lanteilla ja selkä suorana. Lähtöasennon kyykyn syvyys tulee vakioida asentoon, jossa polvinivel on 90 asteen kulmassa, jotta kyykyn syvyyden mukaan muuttuva voimantuottomatka ei vaikuttaisi tulokseen. Ponnistusta tulee edeltää vähintään kahden sekunnin isometrinen kyykkypito. Testattavaa tulee ohjeistaa suorittamaan ponnistus ilman kevennystä ja maksimaalisella voimalla. Ilmalennon aikana jalat tulee ohjeistaa pitämään suorina ja alastulon tapahtua varhain ja jalat edelleen suorina. (Petrigna ym. 2019.)

Ponnistusta edeltävän lyhyen kyykkypidon tarkoituksena on eliminoida venymis-lyhenemissyklin vaikutus voimantuottoon, mikä erottaa sen kevennyshypystä. Testatessa tulee varmistua, ettei ponnistusta edellä kevennysvaihetta. Tämä voidaan todeta voimalevyn voima-aikakäyrän avulla. (McGuigan ym. 2013, 221.) Voimalevyllä testattaessa, testillä saadaan selville lentoaika ja sen avulla pystytään laskemaan nousukorkeus, hyppyteho ja irtoamisnopeus (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294). Suoritusten välillä testattavalle tulee mahdollistaa vähintään yhden minuutin lepo (McGuigan ym. 2013, 222).

Petronijevic ym. (2018) vertailivat vakioidusta lähtöasennosta suoritettua staattisen hypyn ja yksilön itse valitsemasta lähtöasennosta suoritettua staattisen hypyn arvojen ja luotettavuuden eroja. Mittaukset suoritettiin voimalevyllä ja hyppytestien nousukorkeudet määriteltiin lähtönopeuden perusteella. Vakioidussa lähtöasennossa käytettiin 90 asteen polvikulmaa. Tutkimuksessa todettiin itse valitseman lähtöasennon kyykkösyvyyden olevan pienempi ja polvikulman suurempi kuin vakioidun asennon. Hyppytestien nousukorkeuksissa ei todettu olevan eroja lähtöasentojen välillä. Itse valitsemasta lähtöasennosta suoritetuissa hypyissä havaittiin korkeampia kokonaisvoimantuottoarvoja sekä korkeammat voimapiikit, vaikkakin konsentrisen vaihe oli lyhyempi. Tutkimuksessa todettiin testattavan itse valitsemasta lähtöasennosta suoritettua staattisen hypyn testin olevan luotettava menetelmä vakioidun ohella. (Petronijevic ym. 2018.)

4.4 Kevennyshyppy

Kevennyshyppy on helppo ja luotettava menetelmä alaraajojen nopeusvoiman testaamiseen (McGuigan ym. 2013, 222; McMahan ym. 2019). Kevennyshyppy koostuu kuudesta vaiheesta, jotka ovat aloitusasento (onset of movement treshold), alasmenovaihe (unweighting phase), jarrutusvaihe (braking phase), ponnistusvaihe (propulsion phase), lentovaihe (flight phase) ja alastulo (landing phase) (McMahan ym. 2019). Testi alkaa seisoma-asennosta, josta testattava keventää nopeasti 90 asteen polvikulmaan, jota seuraa välittömästi suoritettava maksimaalinen ponnistus ylöspäin. Alastulo suoritetaan suorille jaloille päkiät edellä. (Kyröläinen 2018, 200.) Kevennyshypyn suoritusprotokollassa on paljon vaihtelua eri testaaajien välillä ja yhtenevää protokollaa on yritetty luoda useiden tekijöiden toimesta. Eroavaisuuksia havaitaan aloitusasennon ohjeistamisessa, sallitaanko käsien heilautus ja miten hypyn suorittaminen ohjeistetaan. (McMahan ym. 2019.)

Petrigna ym. (2019) tutkivat, miten kevennyshyppy suositellaan ohjeistettavaksi, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia ja toistettavia. Näiden pohjalta luotiin suosituksia, joiden mukaan aloitusasennossa testattavaa tulee ohjeistaa seisomaan jalat suorina, kädet lanteilla ja jalat lantion leveydellä. Aloitusasennossa tulee seistä vähintään 2 sekuntia paikallaan ennen suoritusta. Kevennysvaiheen syvyys suositellaan määrittämään 90 asteeseen tai ei määrittelemään ollenkaan. Ammattiurheilijoita testatessa kevennyshypyn syvyyttä ei tarvitse määrittää ja vahtia tarkasti, vaan on parempi sallia urheilijan laskeutua hänelle optimaaliseen nivelkulmaan (McGuigan ym. 2013, 222; McMahan ym. 2019). Testattavalle tulee painottaa ponnistusvaiheen lihastyön olevan maksimaalista (McMahan ym. 2019; Petrigna ym. 2019). Lentovaiheessa jalat suositellaan ohjeistamaan pitämään suorina ja myös alastulon tulisi tapahtua suorille jaloille jalkaterät lähekkäin toisiaan. Koko suorituksen ajan testattavan tulee pyrkiä pitämään selkä suorana, jotta testi mittaisi nimenomaan alaraajojen tuottamaa voimaa. Testiä ei myöskään suositella suoritettavaksi paljain jaloin loukkaantumisriskin pienentämiseksi. (Petrigna ym. 2019.)

Mikäli käsien heilautus ei ole yhteydessä lajispesifiin suoritteeseen, tulisi käsien heilautusta välttää. Käsien heilautustekniikoissa on yksilöllisiä eroja,

minkä lisäksi käsien heilautus muuttaa vartalon massakeskipisteen sijaintia ja vääristää sen liikenopeutta. Voima-aikakäyrä ei huomioi raajojen liikettä, vaan kokonaisuutta. Nämä tekijät vaikuttavat negatiivisesti tulosten tarkkuuteen ja luotettavuuteen. (McMahon ym. 2019.) Kun kädet pidetään testin aikana vyötäröllä, pienennetään taito-ominaisuuksien merkitystä testituloksissa (Kyröläinen 2018, 198). Tulokset käsien heilautuksella ovat kuitenkin lähes yhtä luotettavia kuin ilman heilautusta (McMahon ym. 2019).

Neuromuskulaarisen systeemin toiminnan lisäksi testi testaa venymis-lyhenemissyklin toimintaa, mikä erottaa sen staattisen hypyn testistä (McGuigan ym. 2013, 222; McMahon ym. 2019). Venymis-lyhenemissykliä hyödynnetään, kun kevennysvaiheessa käytetään eksentristä lihastyötä ja ponnistaessa konsentrista lihastyötä (Kauranen & Nurkka 2010, 293–294). Testattavaa voidaan ohjeistaa suorittamaan kevennysvaihe mahdollisimman nopeasti, jolloin venymis-lyhenemissykliä hyödynnetään enemmän. Kevennyshyppy ei välttämättä sovi kaikkien lajien urheilijoille kuvaamaan lajispesifejä ominaisuuksia. (McMahon ym. 2019.)

4.5 10/5-toistohyppytesti

Harperin (2011) esittelemä 10/5-toistohyppytesti on luotettava ja hyvin toistettava testi urheilijan reaktiivisen voiman mittaamiseen. Testissä suoritetaan yksi submaksimaalinen kevennyshyppy, jota seuraa kymmenen mahdollisimman korkeaa jännehyppyä mahdollisimman pienellä kontaktiajalla alustaan (Southey ym. 2023). Kontaktiajan tulee olla testissä alle 250 millisekuntia, jotta se mittaa erityisesti räjähtävää voimantuottoa (Stratford ym. 2021). Jännehypyt suoritetaan kädet lanteilla, pääasiallisesti päkiöillä ja polvet lähes suorina ilman että kantapäät koskettavat alustaan (Kauranen 2021, 115). Hypyssä eksentristä lihastyötä seuraa välittömästi konsentrisen lihastyö. Kymmenestä jännehypystä valitaan nousukorkeuden mukaan viisi parasta ja niistä laskeaan keskiarvo. (Stratford ym. 2021.) Testi vaatii lihasten maksimaalista hermotusta, jonka edellytyksenä on lihasten hyvä toimintavalmius. Pääasiallisina työtä tekevinä lihaksina toimivat pohjelihakset. (Kyröläinen 2018, 202.)

Testi on kehitetty vaihtoehtoiseksi menetelmäksi pudotushyppytesteille ja muille toistohyppytesteille, kuten 5:n, 10:n ja 15 hypyn toistohyppytesteille.

Sillä voidaan mitata urheilijan RSI-arvo luotettavasti jo yhdellä suorituskerralla, ja on siten ajankäytöllisesti tehokas työkalu testaamiseen (Stratford ym. 2021.) Testillä saatavien RSI-arvojen on todettu olevan samankaltaisia aiemmin yleisesti käytetyn pudotushyppytestin tulosten kanssa, mutta ne eivät ole keskenään vertailtavissa mittausmenetelmissä olevien erojen takia. (Stratford ym. 2020.) Tämän toistohyppytestin on todettu olevan aiempia toistohyppytestejä, kuten viiden hypyn toistohyppytestiä parempi, sillä testissä poissuljetaan viisi huonointa hyppyä. Perättäin toistettavat hyppyt vaativat koordinaatiokykyä, minkä vaikutus voi korostua testeissä, joissa huomioidaan kaikki hyppyt. (Harper 2011.) Testin päiväkohtaisen ja päivän sisäisen toistettavuuden on todettu olevan hyvä (Southey ym. 2023).

Huseyinin ja Bulutin (2024) tekemässä tutkimuksessa tarkasteltiin käsien vaihtoehtoisen asettelun vaikutuksia testin tulokseen, sillä yhteensä 11 perättäisen hypyn suorittaminen voimalevyllä voi olla haastavaa. Vaihtoehtoisen asettelun tarkoituksena oli lisätä testattavan kehonhallintaa testin aikana. Siirrettävällä voimalevyllä testiä mitatessa tulee välttää hyppyjen suorittamista voimalevyn reunoilla, koska levyn reunalla tapahtuvien hyppyjen kohdalla mahdollisuus mittavirheeseen kasvaa. Vaihtoehtoisessa asettelussa kädet pidetään vartalon edessä koukistettuina paikallaan koko suorituksen ajan. Käsien asennon todettiin helpottavan asennon hallintaa testin aikana ja siten auttavan testin suorittamista. Tutkimuksessa todettiin, ettei käsien pitäminen vartalon etupuolella paranna tai huononna hyppytuloksia ja korreloi kädet lanteilla suoritettujen hyppyjen tulosten kanssa. Kädet vartalon edessä koukistettuina suoritettu testi on pätevä ja luotettava vaihtoehtoinen menetelmä 10/5-toistohyppytestin toteuttamiseen. (Huseyin & Bulut 2024.)

5 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opinnäytetyön aiheen valinta on systemaattinen prosessi, joka koostuu eri vaiheista. Jotta aihe voidaan hyväksyä, pitää sen tuottaa uutta tutkimustietoa. (Hirsjärvi ym. 2009, 67–68.) Opinnäytetyön eteneminen voidaan jakaa useaan vaiheeseen, josta yleensä ensimmäisenä määritetään tutkimusongelmat (Alalterä ym. 2021). Tutkimusongelmat ovat usein tiedossa jo aihetta valittaessa, mutta mikäli näin ei ole, voidaan perehtyä tarkemmin aiheesta olemassa ole-

vaan tietoon. Lopullisten tutkimuskysymysten asettelon jälkeen voidaan miettiä, millä menetelmillä kysymyksiin saadaan vastaus. (Ross & Morrison 2004, 1026–1027.) Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa lisätietoa jalkapallomaalivahdeista ja heidän fyysisistä ominaisuuksistaan, jota työn tilaaja, maalivahti- ja fysiikkavalmentajat sekä maalivahdit voivat hyödyntää.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten lonkan liikkuvuus korreloi vertikaalihyppytestien kanssa?
2. Miten nilkan liikkuvuus korreloi vertikaalihyppytestien kanssa?
3. Miten vertikaalihyppytestit korreloivat keskenään?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Suomen Palloliiton (myöh. Palloliitto) kanssa. Palloliitto on jalkapallon erikoisliitto, ja se on Kansainvälisen Jalkapalloliiton FIFA:n jäsen. Palloliitto toimii jalkapallon ja futsalin kattojärjestönä Suomessa vastaten kaikesta jalkapallo- ja futsaltoiminnasta sekä sen kehittämisestä. Harrastajamäärältään se on Suomen suurin urheilun lajiliitto. (Suomen Palloliitto 2023.) Opinnäytetyön yhteyshenkilöinä toimivat Palloliiton fyysisen valmennuksen asiantuntija Joni Ruuskanen sekä maalivahtivalmennusosaimisen asiantuntija Eemeli Reponen. Opinnäytetyön tekemisestä sovittiin alustavasti yhteyshenkilöiden kanssa tammikuussa 2023. Opinnäytetyön ideoseminaari pidettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa, Kotkassa, helmikuussa 2023, jolloin aihe esiteltiin ensimmäisen kerran. Opinnäytetyön lopullinen aihe ja toteutustapa sovittiin helmi- ja maaliskuun 2023 aikana Microsoft Teams -sovelluksen välityksellä järjestetyissä palaverissa Palloliiton yhteyshenkilöiden kanssa.

Kesäkuussa 2023 Palloliiton yhteyshenkilö oli yhteydessä seitsemään Veikkausliigajoukkueeseen, joista kuusi oli kiinnostunut osallistumaan opinnäytetyön toteutukseen. Yhdeltä joukkueelta ei tullut vastausta. Palloliiton yhteydenottojen lisäksi opinnäytetyön tekijät olivat itse yhteydessä yhteen joukkueeseen. Lopulta seitsemän joukkuetta ilmoittautui mukaan. Näiden joukkueiden yhteyshenkilöihin oltiin yhteydessä Whatsapp-sovelluksella opinnäytetyön te-

kijöiden toimesta ja testipäivät sovittiin joukkuekohtaisesti. Testaaminen pyrittiin suorittamaan kaksi päivää edellisen ottelun jälkeen (MD+2), ennen päivän muita harjoituksia. Joukkueiden yhteyshenkilöille lähetettiin erillinen viesti ennen testipäivää, joka sisälsi tiedot testaukselle vaadittavista tiloista ja välineistä.

Heinäkuussa 2023 suoritettiin harjoitustestipäivä, jonka aikana testattiin kaksi kohderyhmään kuulumatonta miesjalkapalloilijaa. Harjoitustestipäivällä tarkastettiin ohjeistuksen toimivuus ja lisättiin varsinaisten testipäivien sujuvuutta tekemällä tarvittavat muutoksia testien toteutukseen ja ohjeistukseen. Testiin osallistuneilta urheilijoilta kysyttiin palautetta, jota he antoivat vapaassa muodossa suullisesti. Harjoitustestipäivän jälkeen testipäivän kulku ja ohjeistukset muokattiin viimeiseen muotoon, jossa ne tässä opinnäytetyössä esitetään. Viralliset testipäivät ajoittuivat elo- ja marraskuun 2023 välille. Testipäivien kulku esitetään tarkemmin luvussa "6.2 Aineiston keruu". Opinnäytetyön toteutusseminaari pidettiin tammikuussa 2024 Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa. Toteutusseminaarissa esiteltiin opinnäytetyön toteutuksessa käytettyjä mittausten menetelmiä ja testipäivien kulkua. Joukkuekohtaiset mittaustulokset ja opinnäytetyön alustavat tulokset lähetettiin testeissä mukana olleiden joukkueiden yhteyshenkilöille.

6.1 Kvantitatiivinen kokeellinen tutkimus

Kvantitatiivisessa menetelmässä, eli määrällisessä tutkimusmenetelmässä, tutkimustietoa tarkastellaan numeerisesti selittäen tutkittavien muuttujien välisiä suhteita ja eroja. Muuttujalla tarkoitetaan asiaa, toimintaa tai ominaisuutta, josta määrällisessä tutkimuksessa halutaan tietoa. Tutkimusmenetelmää käytetään usein aiempien teorioiden tai teoreettisten käsitteiden selittämiseen, vahvistamiseen, haastamiseen tai purkamiseen. (Vilka 2007.) Menetelmässä pyritään korostamaan syyn ja seurauksen lakeja. Tieteellisen tutkimuksen eteneminen voidaan jaotella eri tavoin. Se voidaan esimerkiksi jakaa karkeasti viiteen osaan: aiheen valinta, tiedon kerääminen, saadun tiedon arviointi, saadun tiedon ja datan yhteen laittaminen ja viimeisenä näiden kirjoittaminen itse opinnäytetyön tms. muotoon. (Hirsjärvi ym. 2009.)

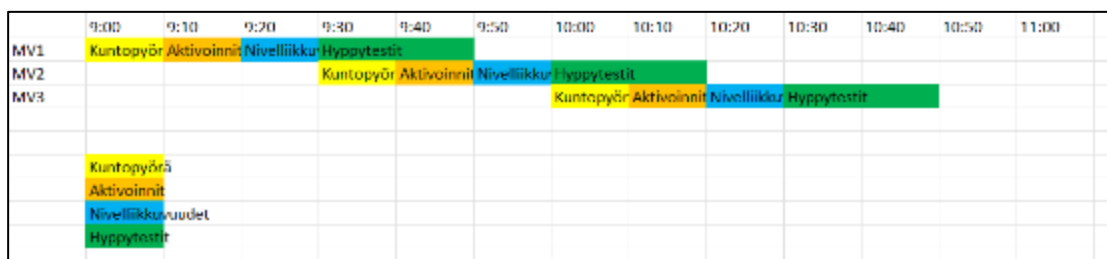
Konkreettisilla havaintoaineistoilla suoritettavat määrälliset tutkimukset voidaan jakaa deskriptiiviseen, eli kuvailevaan ja kausaaliseen eli selittävään tutkimukseen. Deskriptiivinen tutkimus vastaa mikä-, millainen-, missä- ja milloinkysymyksiin. Kausaalinen tutkimus puolestaan vastaa miksi-, kuinka- ja mitenkysymyksiin. Yleisesti tutkimusten oletetaan ylittävän kuvaileva tason, ja siksi yksittäinen tutkimus sisältää usein sekä kuvailevia että selittäviä tulkintoja. (Tähtinen ym. 2020, 36.) Tämän opinnäytetyön tulososiossa kuvailevia menetelmiä käytetään tutkimuksen perusjoukon kuvaamiseen. Selittäviä menetelmiä käytetään muuttujien yhteyksien tarkasteluun.

6.2 Aineiston keruu

Mittaukset suoritettiin joukkueiden edustamissa kaupungeissa, joukkueiden itse määräämissä tilassa. Tilojen piti testejä varten olla riittävän siistit ja tilavat, sekä lattioiden tasaiset, jotta testit voitiin suorittaa turvallisesti ja saatiin voimalevy vaakatasoon. Testipäivät etenivät samalla kaavalla ja sijoittuivat elo- ja marraskuun 2023 välille ja suoritettiin pelikauden 2023 aikana. Yhtenä testipäivänä testattiin yhden joukkueen maalivahdit.

Testipäivät alkoivat yleisellä ohjeistuksella, jossa esiteltiin opinnäytetyö ja sen tekijät sekä kerrottiin päivän kulusta ja demonstroitiin lämmittelyliikkeet. Ohjeistuksen antoi sama testaaja ja osallistujista riippuen testipäivien ohjeistukset annettiin joko suomeksi tai englanniksi. Yleisen ohjeistuksen jälkeen testiryhmään kuuluvat täyttivät esitietolomakkeen. Tämän jälkeen ensimmäinen testattava siirtyi lämmittelyprotokollan pariin, johon kuului kymmenen (10) minuuttia kuntopyöräilyä 70–90 kierrosnopeudella, jota seurasi seuraavat lämmittelyliikkeet: kymmenen (10) kehonpainokyykkyä, kymmenen (10) askelkyykkyä eteen jalkaa toistojen välissä vaihtaen, kymmenen (10) askelkyykkyä taakse jalkaa toistojen välissä vaihtaen, viisi (5) vaaka liikettä molemmille puolille ja kymmenen (10) päkiöille nousua. Lämmittelyliikkeitä suoritettiin kaksi (2) kierrosta. Liikkeet suoritettiin itsenäisesti ja kierrosten välissä pidettiin pieni tauko. Lämmittelyprotokollan jälkeen suoritettiin nivelliikkuvuusmittaukset. Nivelliikkuvuusmittausten jälkeen suoritettiin hyppytestit, joista ensin staattinen hyppy, sitten kevennyshyppy ja viimeisenä 10/5-toistohyppytesti. Jokaiselle testattavalle annettiin erikseen ohjeistus kustakin hyppytestistä ja näytettiin

demonstraatiohyppy. Testit suoritettiin portaittain siten, että uusi testattava aloitti lämmittelyt, kun edelliseltä oli mitattu nivelliikkuvuudet (kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki testipäivän aikataulusta

6.3 Kohderyhmä

Tutkija määrittelee perusjoukon ja valitsee tästä ryhmästä edustavan otoksen (Hirsjärvi ym. 2009, 180). Opinnäytetyön perusjoukon muodostivat veikkausliigamaalivahtit ja edustava otos valittiin kyseisestä ryhmästä maantieteellisin perustein ja vapaaehtoisuuteen perustuen. Yksittäisten poisjääntien vuoksi otos jäi tarkoitettua pienemmäksi. Testauksiin osallistui 15 maalivahtia (ikä, $21,49 \pm 3,97$ vuotta; pituus, $187,87 \pm 5,21$ cm; paino, $80,68 \pm 5,3$ kg) seitsemästä joukkueesta (taulukko 3). Kohderyhmän sisäänottokriteerinä oli, että henkilö on Veikkausliigatasoinen miesjalkapalloilija, jonka pelipaikkana on maalivahti. Mikäli pelaaja ei ollut testauspäivänä pelikuntoinen, oli se poissulkukriteeri ja näin ollen henkilö ei osallistunut testauksiin.

Taulukko 3. Testihenkilöiden ikä, pituus ja paino

Testihenkilö	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)
1	17,2	177	75,5
2	18,1	197	76,9
3	27,6	190	78,3
4	20,5	184	87,4
5	29,5	196	91,6
6	23,4	186	82,9
7	17,6	188	79,1
8	16,5	183	71,6
9	18,9	186	77,6
10	27,1	185	82,2
11	20,7	192	87,4
12	21,7	188	79,7
13	20,3	190	79,2
14	20,2	192	84,4
15	23,1	184	76,4
Keskiarvo	21,49	187,87	80,68

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Esitietolomake

Ennen kuntotestiä jokaisen testattavan tulee täyttää suostumuslomake testaukseen osallistumiseen sekä esitietolomake terveydentilasta. Esitietolomakkeella kartoitetaan mahdollisia kuntotestauksen vasta-aiheita. Siinä kysytään tietoja yleisestä terveydentilasta, lääkityksistä sekä elintavoista. Näiden avulla voidaan arvioida kuntotestiin liittyvää riskiä. Terveiden henkilöiden kuntotestaamista pidetään yleisesti turvallisena. (Kallinen ym. 2018, 31–37.) Lomakkeessa olevia tietoja käsiteltiin tietosuojalomakkeessa kuvatulla tavalla (liite 4).

Tässä opinnäytetyössä osallistujien terveydentilan selvittämiseen käytettiin yhdistettyä esitieto- ja suostumuslomaketta, joka oli modifioitu käyttäen pohjana Kotkan Testausaseman esitietolomaketta. Lomakkeessa kysyttiin osallistujan terveydentilaa useilla kysymyksillä ja hänen kyvykkyyttään osallistua testaamiseen. Kysymyksillä varmistettiin, että testaaminen on urheilijalle turvallista. Opinnäytetyötä varten esitietolomakkeeseen lisättiin kaksi kysymystä: ”Kumpi on sinun vahvempi jalkasi (potkujalka)?” ja ”Oletko testihetkellä pelikuntoinen?”. Tieto vahvemmassa jalasta kysyttiin, jotta voitiin tarkastella potku- ja tukijalan välisiä puolieroja. Testihetken pelikuntoisuutta käytettiin sisäänottokriteerinä, jonka tarkoituksena oli varmistaa terveydentilan lisäksi testattavan suorituskyvyn vastaavan Veikkausliigamaalivahdilta vaadittavaa tasoa. Lisäksi lomakkeella pyydettiin lupa tietojen ja testitulosten tallentamiseen ja niiden hyödyntämiseen anonymisti. Esitietolomakkeesta oli käytössä suomenkielinen (liite 1) ja englanninkielinen versio (liite 2).

7.2 Hyppytestien suorittaminen

Hyppytestit suoritettiin HUR Force Platform FP8 2003 -voimalevyllä (Ab HUR Oy, Kokkola, Suomi) ja HUR:n omalla HUR Labs Force Platform Software Suite -ohjelmalla. Voimalevy nollattiin ja kalibroitiin uudessa testipaikassa, ennen testien alkua HUR Labs Oy:n kalibrointiohjeen mukaan (liite 3). Kalibroinnissa käytetyt painot vaihtelivat testipaikoittain. Ennen kalibrointia paino pun-

nittiin elektronisella henkilöva'alla (Seca 770). Mikäli testaustilan alusta ei ollut kova, asetettiin voimalevyn jalkojen alle vanerilevyn palat testien ajaksi. Voimalevy asetettiin vaakatasoon käyttäen apuna vatupassia.

Sekä staattisessa hypyssä että kevennyshypyssä testattava suoritti kolme hyppyä, joita ennen hän suoritti yhden testihypyn. Hyppyjen välissä pidettiin 60 sekunnin tauko, ja eri hyppytestien välillä pidettiin kolmen minuutin tauko. 10/5-toistohyppytestissä testattava suoritti hyppysarjan vain kerran. Jokainen hyppytesti ohjeistettiin jokaiselle testattavalle erikseen ennen sen suorittamista. Ennen jokaista hyppyä testaja kysyi, onko hyppääjä valmiina. Testihyppyjen aikana tarkastettiin hyppytekniikka ja annettiin tarvittaessa lisäohjeita. Ennen 10/5-toistohyppytestiä testattava teki muutaman testihypyn, jonka aikana tarkastettiin hyppytekniikka ja tarvittaessa annettiin lisäohjeita. Staattinen hyppy ja kevennyshyppy olivat kaikille testattaville ennestään tuttuja testejä. 10/5-toistohyppytesti ei ollut kenellekään ennestään tuttu testi, joten voidaan todeta testattavien olleen tasavertaisessa asemassa eri hyppytestien suorittamisen suhteen.

7.2.1 Staattinen hyppy

Staattisessa hypyssä testattavalle annettiin seuraavat ohjeet: "Staattinen hyppy suoritetaan niin, että alkuasennossa hyppääjällä on polvinivel 90 asteen kulmassa, kädet lanteilla ja selkä suorana. Suoritetaan maksimaalinen hyppy ylöspäin, kädet edelleen lanteilla ja selkä suorana, työtä tehdään vain jaloilla. Alastulo päkiöille, polvet suorina, ei lukossa." Testattavalle ohjeistettiin, että testi alkaa, kun hänelle sanotaan "alas, kaksi, yksi, hyppää", jolloin hän suorittaa hypyn. Mikäli mittausohjelma ilmoitti hypyn olleen virheellinen, ohjeistettiin testattavaa oikeassa suoritustekniikassa ja hyppy uusittiin. Hyppyjä suoritettiin siten, että jokaiselta testattavalta saatiin rekisteröityä kolme hyväksyttyä tulosta. Staattisen hypyn suorittaminen on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Staattinen hyppy

7.2.2 Kevennyshyppy

Kevennyshypyssä testattavalle annettiin seuraavat ohjeet: “Kevennyshyppy suoritetaan niin, että alkuasennossa hyppääjä on seisten, kädet lanteilla. Tästä asennosta kevennetään nopeasti 90 asteen polvikulmaan, jota seuraa välitön maksimaalinen ponnistus ylöspäin. Kädet edelleen lanteilla ja selkä suorana, työtä tehdään vain jaloilla. Alastulo päkiöille, polvet suorina, ei lukossa.” Testattavalle ohjeistettiin, että testi alkaa, kun hänelle sanotaan “kolme, kaksi, yksi, hyppää”, jolloin hän käy alhaalla ja suorittaa hypyn. Mikäli mittausohjelma ilmoitti hypyn olleen virheellinen, ohjeistettiin testattavaa oikeassa suoritustekniikassa ja hyppy uusittiin. Hyppyjä suoritettiin siten, että jokaiselta testattavalta saatiin rekisteröityä kolme hyväksyttyä tulosta. Kevennyshypyn suorittaminen on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Kevennyshyppy

7.2.3 10/5 toistohyppytesti

10/5-toistohyppytestissä testattavalle annettiin seuraavat ohjeet: “Viimeisenä hyppytestinä on 10/5-testi. Se suoritetaan niin, että alkuasennossa hyppääjä on seisten, kädet lanteilla. Suoritetaan yksi kevennyshyppy, jota seuraa 10 jännehyppyä, jatkuvalla liikkeellä, mahdollisimman pienellä kontaktiajalla, jalat

suorina.” Testattavalla ohjeistettiin, että testi alkaa, kun hänelle sanotaan “kolme, kaksi, yksi, hypi”, jolloin hän aloittaa hyppysarjan. Lisäksi testattavaa ohjeistettiin keskeyttämään testi, mikäli hän ajautuu lähelle voimalevyn reunoja ja testin suorittaminen häiriintyy tai vaarantuu. Tässä tapauksessa pidettiin minuutin tauko ja testi uusittiin. Ohjeistuksen jälkeen testaajat demonstroivat testisuorituksen kokonaisuudessaan. 10/5-toistohyppytestin suorittaminen on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. 10/5-toistohyppytesti

7.3 Liikkuvuusmittausten suorittaminen

Tässä opinnäytetyössä käytettiin alla kuvattuja mittausmenetelmiä mittaamaan lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuutta. Mittaukset suoritettiin kahden testaajan toimesta siten, että testaaja 1 suoritti varsinaisen liikelaajuuden mittauksen goniometriä käyttäen ja testaaja 2 tuotti testattavaan niveleen passiivisesti maksimaalisen liikelaajuuden. Tässä opinnäytetyössä mitattiin ainoastaan nivelten passiivisia liikelaajuuksia ja tulokset ilmoitetaan asteen tarkkuudella molempien jalkojen mittaustuloksen keskiarvona. Liikelaajuuksien mittaamiset suoritettiin samassa järjestyksessä mitaten yksittäisen liikesuunnan kohdalla ensin oikean puolen jalan liikelaajuus ja sitten vasemman puolen. Mittaukset suoritettiin ilman kenkiä kevyessä liikuntavaatetuksessa. Ennen mittauksia testattavia ohjeistettiin olemaan mahdollisimman rentona mittausten ajan.

Jokainen mittaus noudatti seuraavaa protokollaa:

1. Testihenkilö asetettiin oikeaan mittausasentoon.
2. Proksimaaliset komponentit fiksoitiin tarvittaessa.
3. Testaaja 1 palpoi luiset maamerkit ja asetti goniometrin akselin nivelen liikeakselin kohdalle, paikallaan pysyvän varren kohdalleen ja liikkuvan varren kohdalleen.
4. Testaaja 2 tuotti niveleen passiivisesti liikkeen ja ilmoitti ääneen, kun maksimaalinen liikelaajuus oli saavutettu.
5. Testaaja 1 varmisti goniometrin oikeaoppisen asettelun ja luki tuloksen ääneen.
6. Testaaja 2 toisti kuulemansa tuloksen ja kirjasi sen ylös.

Nivelliikkuvuuksien mittaaminen suoritettiin seuraavassa järjestyksessä:

1. lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa
2. lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa
3. lonkan fleksio
4. lonkan abduktio
5. nilkan plantaarifleksio
6. nilkan dorsifleksio
7. lonkan ekstensio
8. lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiossa
9. lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiossa.

7.3.1 Lonkan fleksio ja ekstensio

Lonkan fleksio mitattiin testihenkilö hoitopöydällä selinmakuullaan siten, että pää oli neutraaliasennossa päätuella ja jalat suorina vartalon jatkeena. Ei-testattava jalka pidettiin suorana hoitopöydällä, joten erillistä stabilointia ei tarvittu. Testaaja 1 asettui hoitopöydän sivulle testattavan jalan puolelle lonkanivelen kohdalle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli reisiluun trochanter majorin kohdalla, paikallaan pysyvä varsi lantion ja keskivartalon lateraalipuolella keskilinjan mukaisesti ja liikkuva varsi reiden lateraalipuolella keskilinjan mukaisesti osoittaen kohti reisiluun lateraaliepikondyyliä. Testaaja 2 asettui hoitopöydän sivulle ei-testattavan jalan puolelle ja tarttui testihenkilön testattavan jalan polvesta ja tuotti lonkanivelen fleksion viemällä polvea

kohti testihenkilön rintakehää. Liike lopetettiin, kun maksimaalinen liikelaajuus saavutettiin, tai testattavan lanneselkä alkoi nousemaan hoitopöydästä, jota testaaja 1 havainnoi. (Kuva 6.)



Kuva 6. Lonkan fleksion passiivisen liikkuvuuden mittaaminen

Lonkan ekstensiota mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydälle päinmakuulle siten, että pää oli neutraaliasennossa päätuella ja jalat suorin vartalon jatkeena. Testaaja 1 asettui hoitopöydän sivulle testattavan jalan puolelle lonkanivelen kohdalle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli reisiluun trochanter majorin kohdalla, paikallaan pysyvä varsi lantion ja keskivartalon lateraalipuolella keskilinjan mukaisesti ja liikkuva varsi reiden lateraalipuolella keskilinjan mukaisesti osoittaen kohti reisiluun lateraaliepikondyyliä. Testaaja 2 asettui hoitopöydän sivulle ei-testattavan jalan puolelle ja tarttui toisella kädellä testattavan puolen lantiosta stabiloiden sen hoitopöytä vasten ja tuotti toisella kädellä testihenkilön testattavan jalan polvesta lonkkaan ekstension viemällä polvea dorsaalisesti. Polvinivelen asentoa ei kontrolloitu. Liike lopetettiin, kun maksimaalinen liikelaajuus saavutettiin tai testihenkilön lantio alkoi nousemaan hoitopöydästä, jota testaaja 1 havainnoi. (Kuva 7.)



Kuva 7. Lonkan ekstension passiivisen liikkuvuuden mittaaminen

7.3.2 Lonkan rotaatiot

Lonkan sisärotaation liikkuvuutta lonkka fleksoituna mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydän reunalle istumaan lonkka- ja polvinivel 90 asteen kulmassa siten, että hänen selkänsä oli suorassa, polvitaiteensa kiinni pöydän reunassa, polvet noin lantion leveydellä toisistaan ja paino tasaisesti molemmilla istuinkyhmyillä. Testihenkilön kehon paino stabiloi lantion.

Testaaja 1 asettui kohtisuoraan testihenkilön etupuolelle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli keskellä polvilumpiota, paikallaan pysyvä varsi pystysuorassa lattiaa kohti ja liikkuva varsi säären etupuolella keskilinjan suuntaisesti, sääriluun harjannetta mukaillen. Testaaja 2 asettui testattavan jalan puolelle ja tarttui testihenkilön jalasta siten, että toinen käsi stabiloi polvea, estäen sen sivusuunnan liikettä ja toinen käsi tuotti sääriluun välityksellä lonkkaniveleen sisärotaation viemällä sääriluun distaalista osaa lateraalisesti. Liike lopetettiin, kun testihenkilön keskivartalo alkoi lateraalifleksoitumaan vastapuolelle tai testattavan puolen reisi alkoi nousemaan hoitopöydästä. (Kuva 8.)



Kuva 8. Lonkan sisärotaation passiivisen liikkuvuuden mittaaminen lonkka fleksiassa

Lonkan ulkorotaation liikkuvuutta lonkka fleksoituna mitattaessa testihenkilö asetui hoitopöydän reunalle istumaan lonkka- ja polvinivel 90 asteen kulmassa siten, että hänen selkänsä oli suorassa, polvitaipensa kiinni pöydän reunassa, polvet noin lantion leveydellä toisistaan ja paino tasaisesti molemmilla istuinkyhmyillä. Testihenkilön kehon paino stabiloi lantion.

Testaaja 1 asetui kohtisuoraan testihenkilön etupuolelle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli keskellä polvilumpiota, paikallaan pysyvä varsi pystysuorassa lattiaa kohti ja liikkuva varsi säären etupuolella keskilinjan suuntaisesti, sääriluun harjannetta mukaillen. Testaaja 2 asetui ei-testattavan jalan puolelle ja tarttui testihenkilön jalasta siten, että toinen käsi stabiloi polvea, estäen sen sivusuunnan liikettä ja toinen käsi tuotti sääriluun välityksellä lonkkaniveleen ulkorotaation viemällä sääriluun distaalista osaa mediaalisesti. Toista jalkaa fleksoitiin polvesta hieman, jottei se rajoittanut tuotettavaa liikettä. Liike lopetettiin, kun testihenkilön keskivartalo alkoi lateraalifleksoitumaan testattavalle puolelle tai testattavan puolen reisi alkoi nousemaan hoitopöydästä. (Kuva 9.)



Kuva 9. Lonkan ulkorotaation passiivisen liikkuvuuden mittaaminen lonkka fleksiassa

Lonkan sisärotaatiota liikkuvuutta lonkka ekstensoituna mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydälle päinmakuulle siten, että pää oli neutraaliasennossa päätuella, testattava jalka lonkasta suorana vartalon jatkeena ja polvesta fleksoituna ja toinen jalka suorana hoitopöydällä hieman abduktiossa. Testihenkilön kehon paino stabiloi lantion ja reiden hoitopöytää vasten.

Testaaja 1 asettui hoitopöydän päähän ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli keskellä polvilumpiota, paikallaan pysyvä varsi pystysuorassa kattoa kohti ja liikkuva varsi säären etupuolella keskilinjan suuntaisesti, sääriluun harjannetta mukaillen. Testaaja 2 asettui hoitopöydän vierelle ei-testattavan jalan puolelle asettaen toisen käden testihenkilön lantiolle stabiloiden lantiota pöytää vasten ja tuotti toisella kädellä sääriluun välityksellä testihenkilön lonkkaniveleen sisärotaation viemällä sääriluun distaalista osaa lateraalisesti. Liike lopetettiin, kun testihenkilön lantio alkoi nousemaan hoitopöydästä, jonka testaaja 2 havainnoi. (Kuva 10.)



Kuva 10. Lonkan sisärotaation passiivisen liikkuvuuden mittaaminen lonkka ekstensiossa

Lonkan ulkorotaation liikkuvuutta lonkka ekstensoituna mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydälle päinmakuulle siten, että pää oli neutraaliasennossa päätuella, testattava jalka lonkasta suorana vartalon jatkeena ja polvesta fleksoituna ja toinen jalka suorana hoitopöydällä hieman abduktiossa. Testihenkilön kehon paino stabiloi lantion ja reiden hoitopöytää vasten.

Testaaja 1 asettui hoitopöydän päähän ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli keskellä polvilumpiota, paikallaan pysyvä varsi pystysuorassa kattoa kohti ja liikkuva varsi säären etupuolella keskilinjan suuntaisesti, sääriluun harjannetta mukaillen. Testaaja 2 asettui hoitopöydän vierelle ei-testattavan jalan puolelle asettaen toisen käden testihenkilön lantiolle stabiloiden lantiota pöytää vasten ja tuotti toisella kädellä sääriluun välityksellä testihenkilön lonkkaniveleen ulkorotaation viemällä sääriluun distaalista osaa mediaalisesti. Liike lopetettiin, kun testihenkilön testattavan puolen lantio alkoi nousemaan hoitopöydästä, jonka testaaja 2 havainnoi. (Kuva 11.)



Kuva 11. Lonkan ulkorotaation passiivisen liikkuvuuden mittaaminen lonkka ekstensiossa

7.3.3 Lonkan abduktio

Lonkan abduktion liikkuvuutta mitattaessa testihenkilö asetui hoitopöydälle selinmakuulle siten, että pää oli neutraaliasennossa päätuella ja jalat suorina vartalon jatkeena. Erillistä stabilointia ei tarvittu.

Testaaja 1 asetui hoitopöydän sivulle ei-testattavan jalan puolelle testihenkilön lantion kohdalle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli testattavan puolen spina iliaca anterior superiorin (ASIS) kohdalla, paikallaan pysyvä varsi kohti ei-testattavan puolen ASIS:ta ja liikkuva varsi testattavan puolen reiden etupuolella keskilinjassa osoittaen kohti polvilumpion keskikohtaa. Testaaja 2 asetui hoitopöydän sivulle testattavan jalan puolelle ja tarttui testihenkilön säärestä ja tuotti testihenkilön lonkkaan abduktion viemällä koko jalkaa lateraalisesti. Liike lopetettiin, kun maksimaalinen liikelaajuus oli saavutettu. (Kuva 12.)



Kuva 12. Lonkan abduktion passiivisen liikkuvuuden mittaaminen

7.3.4 Nilkan plantaari- ja dorsifleksio

Nilkan plantaarifleksion liikkuvuutta mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydälle istumaan siten, että nilkkanivel oli hoitopöydän päädyn yli ja polvi koukussa. Polvitaipeen alle asetettiin tyyny. Erillistä stabilointia ei tarvittu. Testaaja 1 asettui hoitopöydän sivulle testattavan jalan puolelle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli testihenkilön kantapään lateraalisivulla kohdassa, jossa pohjeluun lateraalinen keskilinja ja jalkapöydän viidennen metatarsaalin lateraalinen linja risteää. Paikallaan pysyvä varsi asetettiin pohjeluun lateraalisen keskilinjän mukaisesti osoittaen pohjeluun proksimaalista päätä kohti ja liikkuva varsi jalkapöydän viidennen metatarsaalin lateraalisen keskilinjän suuntaisesti. Testaaja 2 tarttui testattavan jalan jalkaterästä ja tuotti nilkkaan plantaarifleksion. Liike lopetettiin, kun maksimaalinen liikelaajuus oli saavutettu. (Kuva 13.)



Kuva 13. Nilkan plantaarifleksion passiivisen liikkuvuuden mittaaminen

Nilkan dorsifleksion liikkuvuutta mitattaessa testihenkilö asettui hoitopöydälle istumaan siten, että nilkkanivel oli hoitopöydän päädyn yli ja polvi koukussa. Polvitaipeen alle asetettiin tyyny. Erillistä stabilointia ei tarvittu. Testaaja 1 asettui hoitopöydän sivulle testattavan jalan puolelle ja asetti goniometrin siten, että sen akseli oli testihenkilön kantapään lateraalisivulla kohdassa, jossa pohjeluun lateraalinen keskilinja ja jalkapöydän viidennen metatarsaalin lateraalinen keskilinja risteää. Paikallaan pysyvä varsi asetettiin pohjeluun lateraalisen keskilinjan mukaisesti osoittaen pohjeluun proksimaalista päätä kohti ja liikkuva varsi jalkapöydän viidennen metatarsaalin lateraalisen keskilinjan suuntaisesti. Testaaja 2 tarttui testattavan jalan jalkaterästä ja tuotti nilkkaan dorsifleksion. Liike lopetettiin, kun maksimaalinen liikelaajuus oli saavutettu. (Kuva 14.)



Kuva 14. Nilkan dorsifleksion passiivisen liikkuvuuden mittaaminen

7.4 Aineiston analysointi

Tässä opinnäytetyössä aineiston analysointiin käytettiin SPSS-tilasto-ohjelmaa ja sen uusinta versiota IBM SPSS Statistics 28.0.1.1:a. Aineistolle tehtiin korrelaatioanalyysi, yhden selittävän tekijän regressioanalyysi sekä useamman selittävän tekijän regressioanalyysi. Aineiston tilastollinen päättely toteutettiin tilastollisin merkitsevyytestein. Tulosten analysoinnin lisäksi tutkijan pitää tuoda selkeästi esiin vastaukset esitettyihin tutkimusongelmiin, eli hänen pitää luoda synteesejä. Synteisien pohjalta muodostetaan johtopäätökset. (Hirsjärvi ym. 2009, 230.)

Kahden määrällisen muuttujan välisen yhteyden eli riippuvuuden voimakkuuden tarkasteluun voidaan käyttää korrelaatioanalyysia. Korrelaatioanalyysiä käytetään riippuvuuden tarkasteluun, kun muuttujat ovat mitta-asteikoltaan tulokittavissa numeerisiksi. Analyysillä saadaan laskettua korrelaatiokerroimia, jotka kuvaavat riippuvuuden luonnetta ja voimakkuutta. Useimmin käytetty Pearsonin korrelaatiokerroin kuvaa lineaarista riippuvuutta tulomomentilla mitaten muuttujien yhteisvaihtelun määrää. Pearsonin korrelaation käyttäminen edellyttää, että aineiston otosjakauma on normaalijakauman mukainen (Tähtinen ym. 2020, 165, 183–185).

Normaalijakauma on jatkuva jakauma, jota käytetään yleisesti tilastollisissa testeissä ja menetelmissä (Sarna 2011, 32). Normaalijakauma on muodoltaan symmetrinen ja siinä esiintyy eniten havaintoja jakauman keskikohdassa havaintomäärien pienentyen asteittain kohti asteikon molempia reunoja. Usein reaali maailman ilmiöt esiintyvät tämän mallin mukaisesti etenkin otannan ollessa laaja. Normaalijakauman toteutuminen on edellytys usean tilastollisen analyysimenetelmän käytölle (Tähtinen ym. 2020, 81, 105), sillä parametriset testit sekä menetelmät perustuvat normaalisuusoletukseen (Sarna 2011, 32). Aineiston normaalijakauman toteutumista voidaan tarkastella histogrammin avulla visuaalisesti, mutta aineiston jakauman poikkeavuutta normaalijakaumasta voidaan selvittää tarkemmin Kolmogro-Smirnovin tai Shapiro-Wilkin testeillä. Mikäli aineiston otoskoko on 50 tai sen alle, käytetään Shapiro-Wilkin testiä (Tähtinen ym. 2020, 98, 105). Tämän opinnäytetyön otoskoko oli alle 50 ($N = 15$), joten aineiston normaalijakauman toteutumista testattiin SPSS-ohjelmistossa Shapiro-Wilkin testillä. Testin mukaan aineiston muuttujat noudattavat normaalijakaumaa eivätkä poikkea siitä merkitsevästi, $W = 0,910-0,989$ ja $p = 0,134-0,999$ (taulukko 4).

Taulukko 4. Aineiston normaalijakauman testaus Shapiro-Wilkin testillä ($N = 15$)

Muuttuja	W	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksoituna	,910	,134
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksoituna	,951	,540
Lonkan fleksio	,946	,464
Lonkan abduktio	,942	,402
Lonkan ekstensio	,962	,726
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensoituna	,989	,999
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensoituna	,978	,950
Nilkan plantaarifleksio	,949	,506
Nilkan dorsifleksio	,978	,958
Staattinen hyppy	,964	,766
Kevennyshyppy	,946	,470
10/5-toistohyppytesti	,963	,741

Korrelaatio voi olla luonteeltaan positiivista tai negatiivista. Positiivisessa korrelaatiossa kahden muuttujan suuremmat arvot ovat yhteydessä toisiinsa ja pienemmät arvot toisiinsa. Negatiivisessa korrelaatiossa toisen muuttujan suurempi ja toisen muuttujan pienempi arvo ovat yhteydessä toisiinsa. Korrelaatiokertoimen arvot vaihtelevat $-1:n$ ja $1:n$ välillä miinuksena kuvattaessa negatiivista korrelaatiota ja plussana positiivista. Arvon ollessa nolla muuttujien välillä

ei havaita ollenkaan korrelaatiota. Arvo 1 kuvaa täydellistä positiivista korrelaatiota ja -1 täydellistä negatiivista korrelaatiota. Korrelaatiosta voidaan tehdä myös tilastollinen merkitsevyytesti. (Tähtinen ym. 2020, 183–184).

Tilastollisella merkitsevyytestillä saadaan selville merkitsevyytaso, eli p-arvo. P-arvo tarkoittaa todennäköisyyttä, millä tutkimustulokset eroavat nollahypoteesista. Sen avulla saadaan tietoa siitä, onko tutkimuksista saadut tulokset mahdollisesti yleistettävissä perusjoukkoon sopiviksi. (Tähtinen ym. 2020, 40.) Merkitsevyyttä voidaan testata yksi- tai kaksisuuntaisella testillä. Tutkimuksissa käytetään tavallisesti kaksisuuntaista testiä, jos tuloksen suunnasta ei voida olla varmoja etukäteen. (Sarna 2011, 49, 116.) Yleisesti tutkimustuloksia pidetään tilastollisesti merkitsevinä, mikäli niiden p-arvo on alle 0,05 ($p < 0,05$). Tämä tarkoittaa viiden prosentin riskitasoa, eli että tehty päätelmä on virheellinen 1:20:stä. P-arvoon vaikuttaa korrelaatiokertoimen lisäksi otoskoko. P-arvo on herkkä otoskoon vaikutuksille, minkä takia pienissä aineistoissa vahvakin yhteys voi esiintyä tilastollisesti ei-merkitsevänä. Joissakin tapauksissa kriteerejä voidaan venyttää ja merkitsevyytstasoksi hyväksyä kymmenen prosentin riskitaso ($p < 0,1$). (Tähtinen ym. 2020, 40–43.) Tässä opinnäytetyössä tilastollista merkitsevyyttä testataan kaksisuuntaisella testillä ja rajana pidetään p-arvoa $< 0,05$, mutta huomioidaan myös tulokset, joissa p-arvo $< 0,1$. Näistä käytetään nimitystä heikosti tilastollisesti merkitsevä.

Tilastotieteessä tilastollisen merkitsevyyden lisäksi voidaan arvioida tutkittavien muuttujien yhteyden efektikokoa, eli suuruutta. Korrelaatioanalyysissä efektikokoa tarkastellaan korrelaatiokertoimen (r) avulla. Tilastollista merkitsevyyttä testattaessa nollahypoteesina pidetään arvoa nolla, eli muuttujien välillä ei ole korrelaatiota. Testituloksena on sitä merkitsevempi, mitä suurempi on korrelaatiokertoimen arvo. (Tähtinen ym. 2020, 40–44) Effektikokojen tulkinnaan löytyy toisistaan poikkeavia raja-arvoja, mutta Elliksen (2010, 41) mukaan korrelaatiokertoimen efektikokoa voidaan pitää pienenä tai heikkona kun $r \geq 0,10$, mutta $< 0,30$, keskisuurena kun $r \geq 0,30$, mutta $< 0,50$ ja suurena tai voimakkaana kun $r \geq 0,50$.

Korrelaatiota voidaan tarkastella myös esimerkiksi Spearmanin korrelaatiokerroimella (r_s), joka on järjestyskorrelaatiokerroin. Se on samankaltainen kuin Pearsonin korrelaatiokerroin, mutta siinä korrelaation laskemiseen muuttujien

alkuperäisten arvojen sijaan käytetään niistä muodostettuja järjestyslukuja. Kertoimen arvoksi saadaan 1, mikäli muuttujien järjestykset ovat keskenään täysin samoja. (Tähtinen ym. 2020, 183, 190.) Spearmanin korrelaatiokerrointa käytetään erityisesti pienten aineistojen kohdalla, sillä se ei ole herkkä aineistossa esiintyvälle poikkeaville havaintoarvoilla eikä se edellytä aineiston normaalijakautuneisuutta (Sarna 2011, 186). Tässä opinnäytetyössä tutkittavien muuttujien välisiä yhteyksiä arvioitiin Spearmanin korrelaatiokertoimella pienen aineistokoon takia, vaikkakin Shapiro-Wilkin testi osoitti normaalijakautuvan aineistossa. Tilastollista merkitsevyyttä arvioitiin p-arvolla.

Muuttujien välistä yhteyttä voidaan tulkita yksityiskohtaisemmin regressioanalyysin avulla (Tähtinen ym. 2020, 194). Regressioanalyysin käyttö on mahdollista silloin kun sekä selittävän että selitettävän muuttujan mittaustaso on vähintään välimatka-asteikollinen (Alaterä ym. 2021). Menetelmää voidaan käyttää selvittämään, minkä muuttujan vaihtelu selittää parhaiten selitettävää muuttujaa. Regressioanalyysillä voidaan muodostaa ja ratkaista lineaarista yhteyttä kuvaava tilastollinen malli, regressiomalli, josta selviää muuttujien välisen yhteyden voimakkuus ja suunta. Regressiomalliin piirretty viiva on regressiosuora. Regressiosuora kuvaa muuttujien välisen yhteyden voimakkuuden ja suunnan. Mallin selitysvoimaa voidaan tarkastella visuaalisesti sillä, miten lähelle regressiosuoraa muuttujien arvot sijoittuvat (Tähtinen ym. 2020, 194–195).

Regressioanalyysiä käytettäessä on huomioitava, ettei analyysi kuvaa muuttujien kausaalisuhteita, eli syy-seuraussuhteita vaan nimenomaan muuttujien välistä yhteyttä. Ei siis voida tietää vaikuttaako muuttuja X muuttujaan Y vai toisinpäin. Kokeellisen tutkimuksen kausaalipäätelmät perustuvat tutkimusasetelmaan. (Alaterä ym. 2021.) Yhden selittävän tekijän regressioanalyysia voidaan analysoida numeerisesti regressiokertoimen (r) ja selitysasteen (r^2) avulla. Regressiokerroin kuvaa muuttujien välisen yhteyden voimakkuuden suuruutta. Regressiokerroin voi korrelaatiokertoimen tapaan olla positiivinen tai negatiivinen. Selitysaste on regressiokertoimen neliö ja sen arvot vaihtelevat 0:n ja 1:n välillä. Selitysaste kuvaa, kuinka suuren prosenttiosuuden muuttuja tai muuttujat pystyvät selittämään selitettävän muuttujan vaihtelua (Tähtinen ym. 2020, 47, 194–195.) Elliksen (2010, 41) mukaan yhden selittävän tekijän regressioanalyysissä analyysin selitysastetta voidaan pitää pienenä tai

heikkona kun $r^2 \geq 0,01$, mutta $< 0,09$, keskiuurena kun $r^2 \geq 0,09$, mutta $< 0,25$ ja suurena tai voimakkaana kun $r^2 \geq 0,25$.

Lisäksi regressioanalyysillä voidaan tutkia useamman selittävän muuttujan yhteyttä selitettävään muuttujaan yhtä aikaa askeltavalla regressioanalyysillä. Tällä menetelmällä saadaan selville yksittäisen selittävän muuttujan yhteys selitettävään muuttujaan huomioiden muut mukana olevat muuttujat. Askeltavassa regressioanalyysissä selittäviä muuttujia lisätään alkuperäisessä korrelaatiojärjestyksessä, kun niiden selityslisä vaikuttaa mallin selitysosuuteet positiivisesti. Aiemmin malliin lisättyjä selittäviä tekijöitä voi myös tippua pois analyysin vaiheissa. Analyysi jatkuu, kunnes selittäviä tekijöitä ei voida enää lisätä tai poistaa mallista selitysosuuden lisäämiseksi. (Alaterä ym. 2021, 203.) Useamman selittävän tekijän regressioanalyysia voidaan analysoida numeerisesti selitystasteen (R^2) avulla samalla tapaa kuin yhden selittävän tekijän regressioanalyysiä. Elliksen (2010, 41) mukaan useamman selittävän tekijän regressioanalyysissä regressiokertoimen selitystastetta voidaan pitää pienenä tai heikkona kun $R^2 \geq 0,02$, mutta $< 0,13$, keskiuurena kun $R^2 \geq 0,13$, mutta $< 0,26$ ja suurena tai voimakkaana kun $R^2 \geq 0,26$.

8 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön tulosten tarkastelu etenee kuvailu-päätely-teoreettinen tulkinta -akselilla. Aineiston kuvailu -vaiheessa tarkastellaan konkreettisia jakaumia ja muuttujien tunnuslukuja. Muuttujien tunnuslukuja voivat olla keskiarvot, prosenttiosuudet, mediaanit tai arvojen vaihtelua kuvaavat luvut. (Tähtinen ym. 2020, 36.) Tässä opinnäytetyössä tunnuslukuina käytetään keskiarvoa sekä keskihajontaa. Päätelyvaiheessa tehdään päätelmiä tutkimuksen populaation suhteen edellisessä vaiheessa saatujen tunnuslukujen pohjalta ja testataan tutkimuksen hypoteeseja. Tähän vaiheeseen liittyy muun muassa parvojen tulkinta. Lopuksi aineiston analysoinnista esiin tulevia tuloksia tulkitaan aiemman tutkimustiedon ja olemassa olevien teorioiden pohjalta. Tällöin saatuja tuloksia yleistetään koskemaan tutkimuksen perusjoukkoa. (Tähtinen ym. 2020, 36.)

8.1 Nivelliikkuvuus

Lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation keskiarvo kohderyhmässä oli 49,1 astetta ja keskihajonta $\pm 11,46$ astetta. Lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 15.



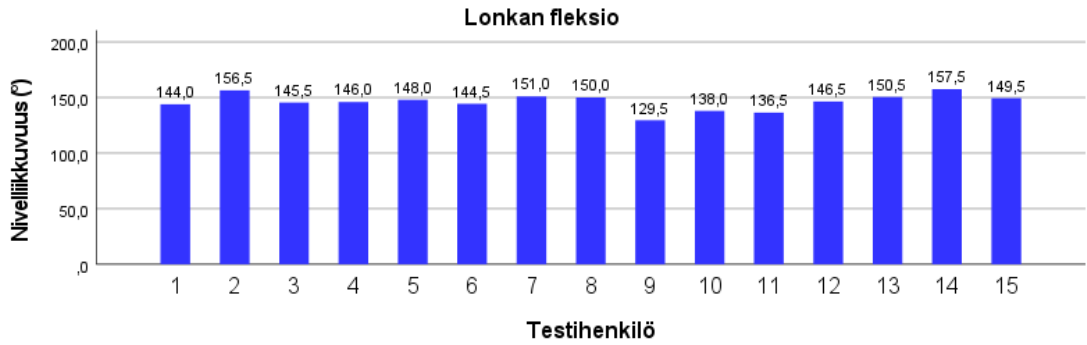
Kuva 15. Lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation mittaustulokset

Lonkka fleksiassa mitatun lonkan ulkorotaation keskiarvo kohderyhmässä oli 53,1 astetta ja keskihajonta $\pm 6,16$ astetta. Lonkka fleksiassa mitatun lonkan ulkorotaation mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 16.



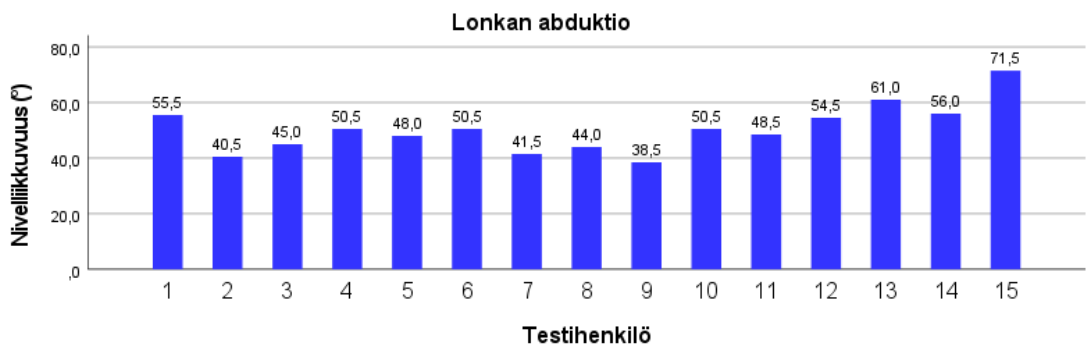
Kuva 16. Lonkka fleksiassa mitatun lonkan ulkorotaation mittaustulokset

Lonkan fleksion keskiarvo kohderyhmässä oli 146,24 astetta ja keskihajonta $\pm 7,33$ astetta. Tuloksissa havaittiin yksi poikkeava pienempi arvo testihenkilöllä 9 tuloksen ollessa 129,5 astetta. Lonkan fleksion mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 17.



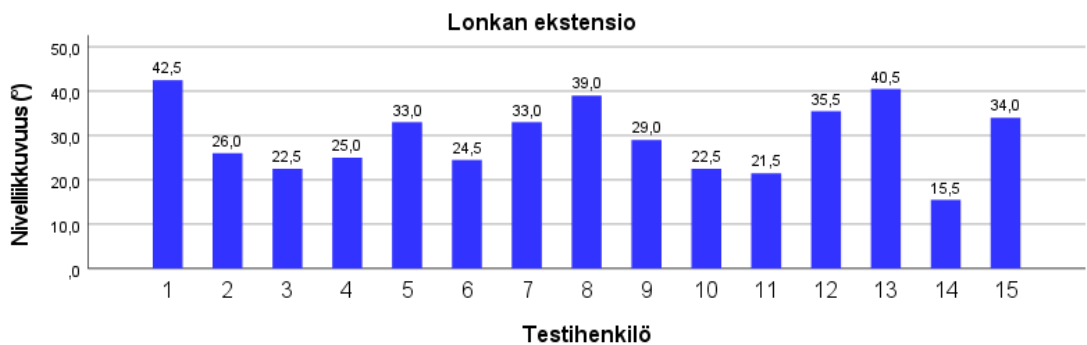
Kuva 17. Lonkan fleksion mittaustulokset

Lonkan abduktion keskiarvo kohderyhmässä oli 50,4 astetta ja keskihajonta \pm 8,58 astetta. Tuloksissa havaittiin yksi poikkeava suurempi arvo testihenkilöllä 15 tuloksen ollessa 71,5 astetta. Lonkan abduktion mittaustulokset ovat esitetynä kuvassa 18.



Kuva 18. Lonkan abduktion mittaustulokset

Lonkan ekstension keskiarvo kohderyhmässä oli 29,6 astetta ja keskihajonta \pm 7,91 astetta. Lonkan ekstension mittaustulokset ovat esitetynä kuvassa 19.



Kuva 19. Lonkan ekstension mittaustulokset

Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation keskiarvo kohderyhmässä oli 51,1 astetta ja keskihajonta $\pm 7,25$ astetta. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 20.



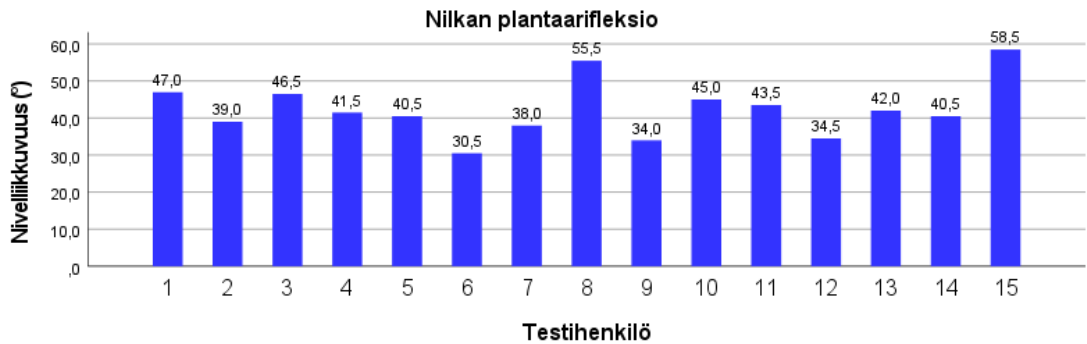
Kuva 20. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation mittaustulokset

Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation keskiarvo kohderyhmässä oli 53,2 astetta ja keskihajonta 5,17 astetta. Tuloksissa havaittiin yksi poikkeava pienempi arvo testihenkilöllä 15 tuloksen ollessa 42,5 astetta. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 21.



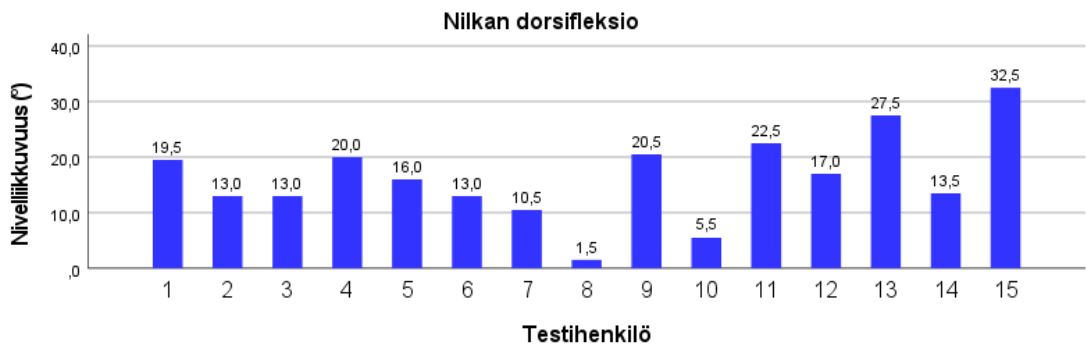
Kuva 21. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation mittaustulokset

Nilkan plantaarifleksion keskiarvo kohderyhmässä oli 42,43 astetta ja keskihajonta $\pm 7,51$ astetta. Tuloksissa havaittiin yksi poikkeava suurempi arvo testihenkilöllä 15 tuloksen ollessa 58,5 astetta. Nilkan plantaarifleksion mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 22.



Kuva 22. Nilkan plantaarifleksion mittaustulokset

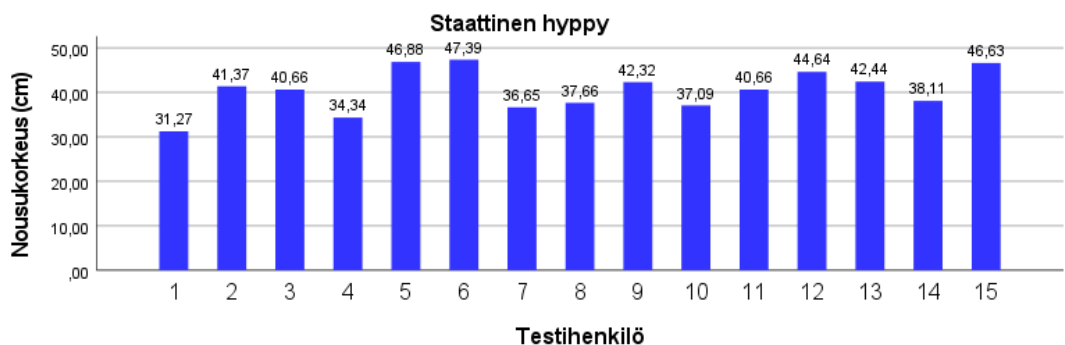
Nilkan dorsifleksion keskiarvo kohderyhmässä oli 16,37 astetta ja keskihajonta $\pm 7,92$ astetta. Tuloksissa havaittiin yksi poikkeava suurempi arvo testihenkilöllä 15 tuloksen ollessa 32,5 astetta ja yksi poikkeava pienempi arvo testihenkilöllä 8 tuloksen ollessa 1,5 astetta. Nilkan dorsifleksion mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 23.



Kuva 23. Nilkan dorsifleksion mittaustulokset

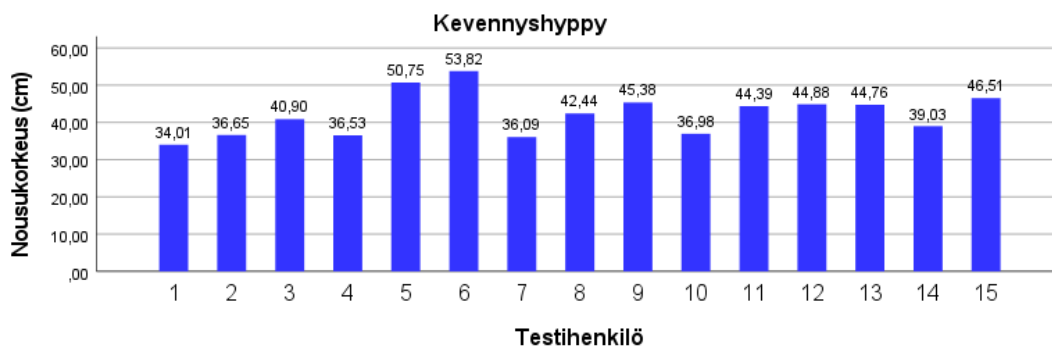
8.2 Hyppytestit

Staattisen hypyn keskiarvo, nousukorkeus lentoajasta mitattuna, kohderyhmässä oli 40,54 senttimetriä ja keskihajonta $\pm 4,74$ senttimetriä. Staattisen hypyn mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 24.



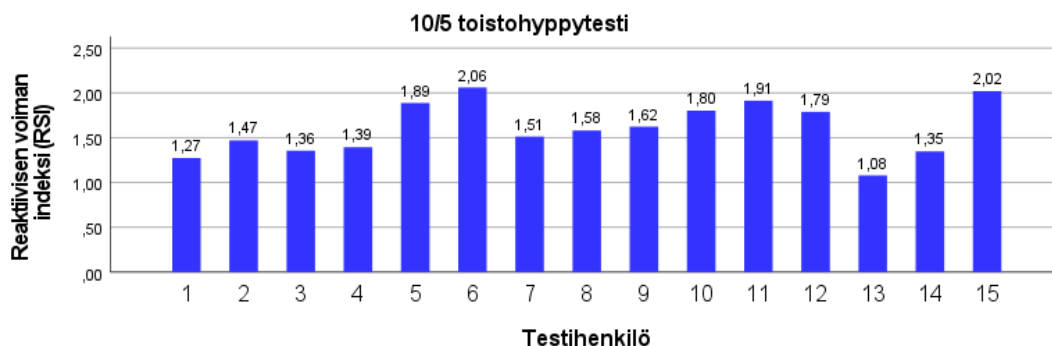
Kuva 24. Staattisen hypyn mittaustulokset

Kevennyshypyn keskiarvo, nousukorkeus lentoajasta mitattuna, kohderyhmässä oli 42,21 senttimetriä ja keskihajonta $\pm 5,74$ senttimetriä. Kevennyshypyn mittaustulokset ovat esitettynä kuvassa 25.



Kuva 25. Kevennyshypyn mittaustulokset

10/5-toistohyppytestistä lasketun RSI-arvon keskiarvo kohderyhmässä oli 1,61 ja keskihajonta $\pm 0,29$. 10/5-toistohyppytestin tulokset ovat esitettynä kuvassa 26.



Kuva 26. 10/5-toistohyppytestin mittaustulokset

8.3 Yhteenveto

Staattisen hypyn nousukorkeuden ja nivelliikkuvuuksien korrelaatiot sekä tilastolliset merkitsevyydet ovat esitetty taulukossa 5. Voimakas positiivinen korrelaatio staattiseen hyppyyn todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,572$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,026$). Keski-suuri positiivinen korrelaatio staattiseen hyppyyn todettiin lonkka fleksiossa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,457$). Tulos on heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,087$). Heikko positiivinen korrelaatio staattiseen hyppyyn todet-

tiin nilkan dorsifleksiolla ($r_s = 0,287$) ja lonkan abduktiolla ($r_s = 0,111$). Keski-suuri negatiivinen korrelaatio staattiseen hyppyyn todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r_s = -0,414$), sekä nilkan plantaarifleksiolle ($r_s = -0,358$).

Taulukko 5. Staattisen hypyn ja nivelliikkuvuuksien korrelaatio sekä tilastollinen merkitsevyys (N = 15)

Liikesuunta	Spearmanin korrelaatiokerroin (r_s)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,457	,087*
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	,045	,874
Lonkan fleksio	,032	,909
Lonkan abduktio	,111	,693
Lonkan ekstensio	,049	,862
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiossa	,572	,026**
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiossa	-,414	,125
Nilkan plantaarifleksio	-,358	,190
Nilkan dorsifleksio	,287	,300

**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)

*heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,1$)

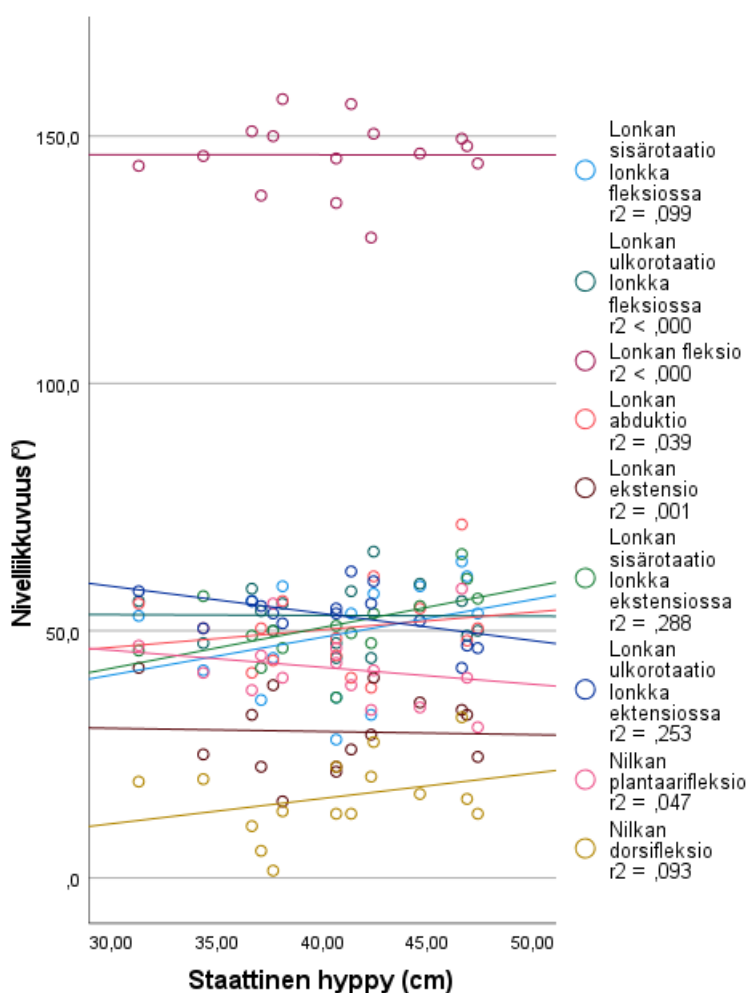
Nivelliikkuvuuksien selitysasteet (r^2) staattisen hypyn nousukorkeuteen ovat esitetty taulukossa 6. Voimakas selitysaste todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan sisä- ($r^2 = 0,288$) ja ulkorotaatiolla ($r^2 = 0,253$). Sisärotaation tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,039$). Ulkorotaation tulos on heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,056$). Keski-suuri selitysaste todettiin lonkka fleksiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r^2 = 0,099$) ja nilkan dorsifleksiolla ($r^2 = 0,093$). Heikko selitysaste todettiin nilkan plantaarifleksiolle ($r^2 = 0,047$) ja lonkan abduktiolla ($r^2 = 0,039$). Lonkan ekstension, lonkka fleksiassa mitatun lonkan ulkorotaation ja lonkan fleksion ei todettu selittävän staattisen hypyn nousukorkeuden vaihteluita ($r^2 = 0,001$; $0,000$; $0,000$). Askeltavassa analyysissä muiden muuttujien lisäämisen lonkka ekstensiossa mitattuun lonkan sisärotaatioon ei todettu lisäävän mallin selitystasetta ($R^2 = 0,288$). Staattisen hypyn ja nivelliikkuvuuksien lineaarinen yhteys on esitetty kuvassa 27.

Taulukko 6. Nivelliikkuvuuksien selitysaste ja tilastollinen merkitsevyys staattiseen hyppyyn (N = 15)

Liikesuunta	Selitysaste (r^2)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,099	,253
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	,000	,966
Lonkan fleksio	,000	,998
Lonkan abduktio	,039	,482
Lonkan ekstensio	,001	,892
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiassa	,288	,039**
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiassa	,253	,056*
Nilkan plantaarifleksio	,047	,439
Nilkan dorsifleksio	,093	,270

**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)

*heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,1$)



Kuva 27. Nivelliikkuvuuden yhteys staattisen hypyn nousukorkeuteen (N = 15)

Kevennyshypyn nousukorkeuden ja nivelliikkuvuuksien korrelaatiot sekä tilastolliset merkitsevyydet ovat esitetty taulukossa 7. Voimakas positiivinen korrelaatio kevennyshyppyyn todettiin lonkka ekstensiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,571$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,026$). Keskisuuri

positiivinen korrelaatio kevennyshyppyyn todettiin lonkka fleksiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,311$) ja nilkan dorsifleksiolla ($r_s = 0,308$). Heikko positiivinen korrelaatio kevennyshyppyyn todettiin lonkan abduktiolla ($r_s = 0,118$). Voimakas negatiivinen korrelaatio kevennyshyppyyn todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r_s = -0,552$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,033$). Heikko negatiivinen korrelaatio kevennyshyppyyn todettiin nilkan plantaarifleksiolla ($r_s = -0,239$), lonkka fleksiassa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r_s = -0,197$) ja lonkan fleksiolla ($r_s = -0,175$).

Taulukko 7. Kevennyshypyn ja nivelliikkuvuuksien korrelaatio sekä tilastollinen merkitsevyys (N = 15)

Liikesuunta	Spearmanin korrelaatiokerroin (r_s)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,311	,259
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	-,197	,481
Lonkan fleksio	-,175	,533
Lonkan abduktio	,118	,675
Lonkan ekstensio	,032	,909
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiossa	,571	,026**
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiossa	-,552	,033**
Nilkan plantaarifleksio	-,239	,390
Nilkan dorsifleksio	,308	,264

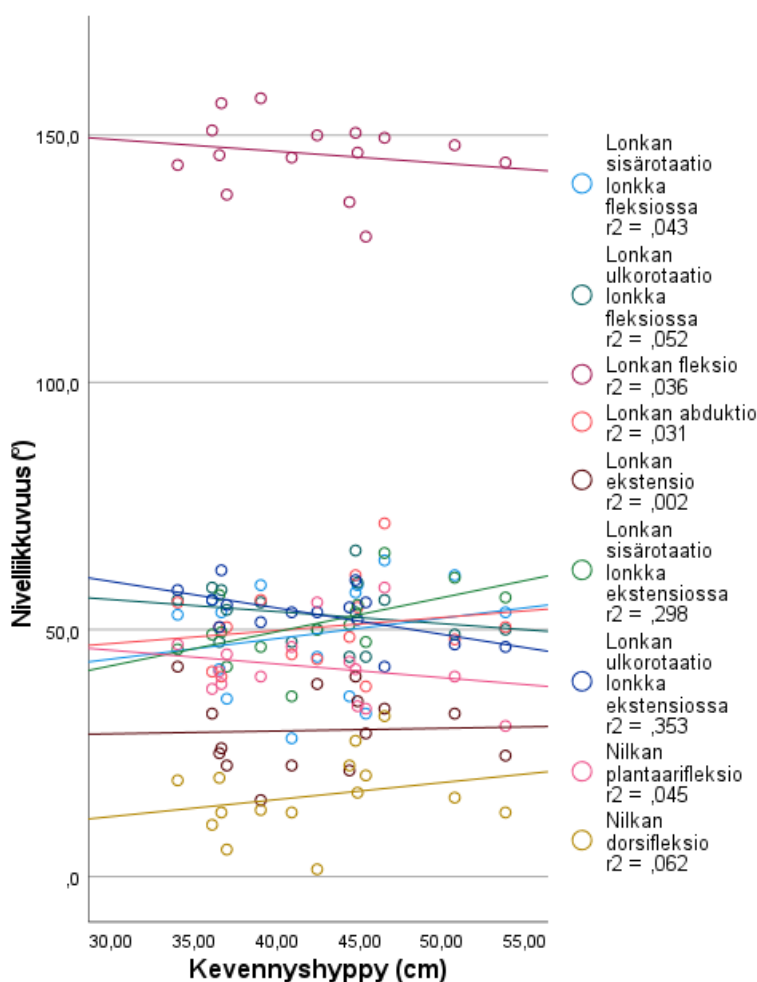
**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)

Nivelliikkuvuuksien selitysasteet (r^2) kevennyshypyn nousukorkeuteen ovat esitetty taulukossa 8. Voimakas selitysaste todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan sisä- ($r^2 = 0,298$) ja ulkorotaatiolla ($r^2 = 0,353$). Tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä ($p = 0,020$; $0,035$). Heikko selitysaste todettiin nilkan dorsifleksiolla ($r^2 = 0,062$), lonkka fleksiassa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r^2 = 0,052$), nilkan plantaarifleksiolla ($r^2 = 0,045$), lonkka fleksiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r^2 = 0,043$), lonkan fleksiolla ($r^2 = 0,036$) ja lonkan abduktiolla ($r^2 = 0,031$). Lonkan ekstension ei todettu selittävän kevennyshypyn nousukorkeuden vaihteluita ($r^2 = 0,002$). Askeltavassa analyysissä muiden muuttujien lisäämisen lonkka ekstensiossa mitattuun lonkan ulkorotaatioon ei todettu lisäävän mallin selitysastetta ($R^2 = 0,020$). Kevennyshypyn ja nivelliikkuvuuksien lineaarinen yhteys on esitetty kuvassa 28.

Taulukko 8. Nivelliikkuvuuksien selitysaste ja tilastollinen merkitsevyys kevennyshyppyyn (N = 15)

Liikesuunta	Selitysaste (r^2)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,043	,457
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	,052	,415
Lonkan fleksio	,036	,501
Lonkan abduktio	,031	,529
Lonkan ekstensio	,002	,886
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiassa	,298	,035**
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiassa	,353	,020**
Nilkan plantaarifleksio	,045	,448
Nilkan dorsifleksio	,062	,370

**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)



Kuva 28. Nivelliikkuvuuden yhteys kevennyshypyn nousukorkeuteen (N = 15)

10/5-toistohyppytestillä mitatun RSI-arvon ja nivelliikkuvuuksien korrelaatiot sekä tilastolliset merkitsevyydet ovat esitetty taulukossa 9. Keskiuuri positiivinen korrelaatio RSI-arvoon todettiin lonkka ekstensiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,489$). Tulos on heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p =$

0,064). Heikko positiivinen korrelaatio RSI-arvoon todettiin lonkka fleksiassa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r_s = 0,122$). Voimakas negatiivinen korrelaatio RSI-arvoon todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r_s = -0,554$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,032$). Keskisuuri negatiivinen korrelaatio RSI-arvoon todettiin lonkan fleksiolla ($r_s = -0,364$) ja lonkka fleksiassa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r_s = -0,305$). Heikko negatiivinen korrelaatio RSI-arvoon todettiin lonkan ekstensiolla ($r_s = -0,204$) ja nilkan plantaarifleksiolla ($r_s = -0,163$).

Taulukko 9. RSI-arvon ja nivelliikkuvuuksien korrelaatio sekä tilastollinen merkitsevyys (N = 15)

Liikesuunta	Spearmanin korrelaatiokerroin (r_s)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,122	,666
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	-,305	,270
Lonkan fleksio	-,364	,182
Lonkan abduktio	-,097	,732
Lonkan ekstensio	-,204	,466
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiossa	,489	,064*
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiossa	-,554	,032**
Nilkan plantaarifleksio	-,163	,562
Nilkan dorsifleksio	-,004	,990

**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)

*heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,1$)

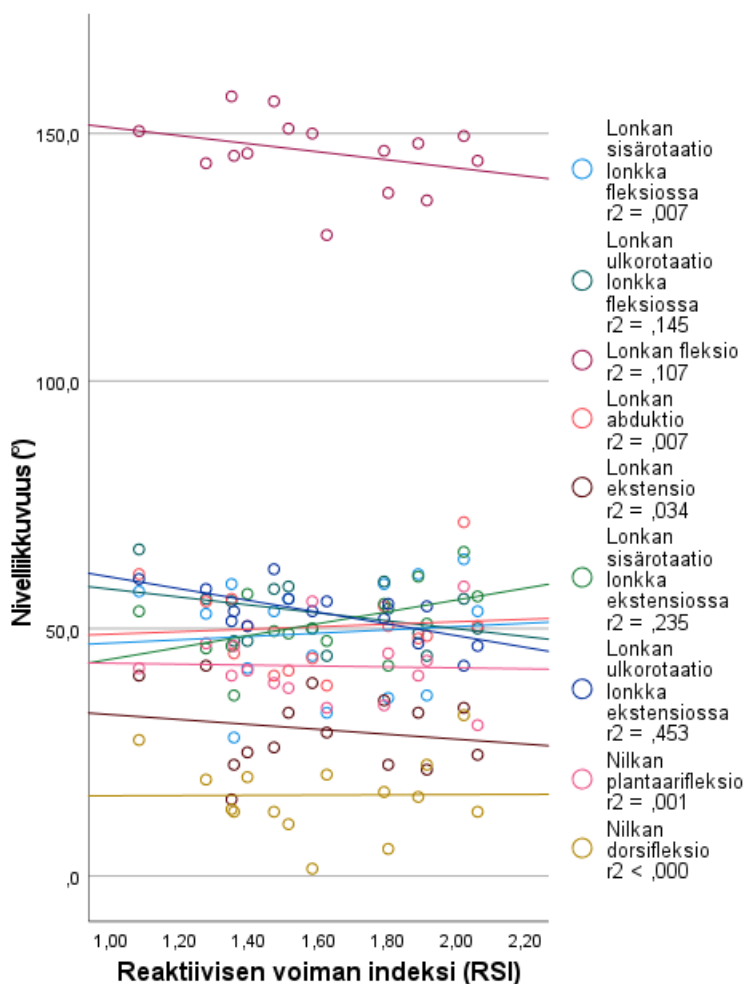
Nivelliikkuvuuksien selitysasteet (r^2) 10/5-toistohyppytestillä mitattuun RSI-arvoon ovat esitetty taulukossa 10. Voimakas selitysaste todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r^2 = 0,453$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,006$). Keskisuuri selitysaste todettiin lonkka ekstensiossa mitatulla lonkan sisärotaatiolla ($r^2 = 0,235$), lonkka fleksiassa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla ($r^2 = 0,145$) ja lonkan fleksiolla ($r^2 = 0,107$). Lonkan sisärotaation tulos on heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,067$). Heikko selitysaste todettiin lonkan ekstensiolla ($r^2 = 0,034$). Lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation, lonkan abduktion, nilkan plantaarifleksion ja nilkan dorsifleksion ei todettu selittävän 10/5-toistohyppyllä testatun RSI-arvon vaihteluita. Askelta-
vassa analyysissä muiden muuttujien lisäämisen lonkka ekstensiossa mitattuun lonkan ulkorotaatioon ei todettu lisäävän mallin selitystettä ($R^2 = 0,006$). RSI-arvon ja nivelliikkuvuuksien lineaarinen yhteys on esitetty kuvassa 29.

Taulukko 10. Nivelliikkuvuuksien selitysaste ja tilastollinen merkitsevyys RSI-arvoon (N = 15)

Liikesuunta	Selitysaste (r^2)	p-arvo
Lonkan sisärotaatio lonkka fleksiassa	,007	,762
Lonkan ulkorotaatio lonkka fleksiassa	,145	,161
Lonkan fleksio	,107	,234
Lonkan abduktio	,007	,761
Lonkan ekstensio	,034	,511
Lonkan sisärotaatio lonkka ekstensiassa	,235	,067*
Lonkan ulkorotaatio lonkka ekstensiassa	,453	,006**
Nilkan plantaarifleksio	,001	,897
Nilkan dorsifleksio	,000	,975

**tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$)

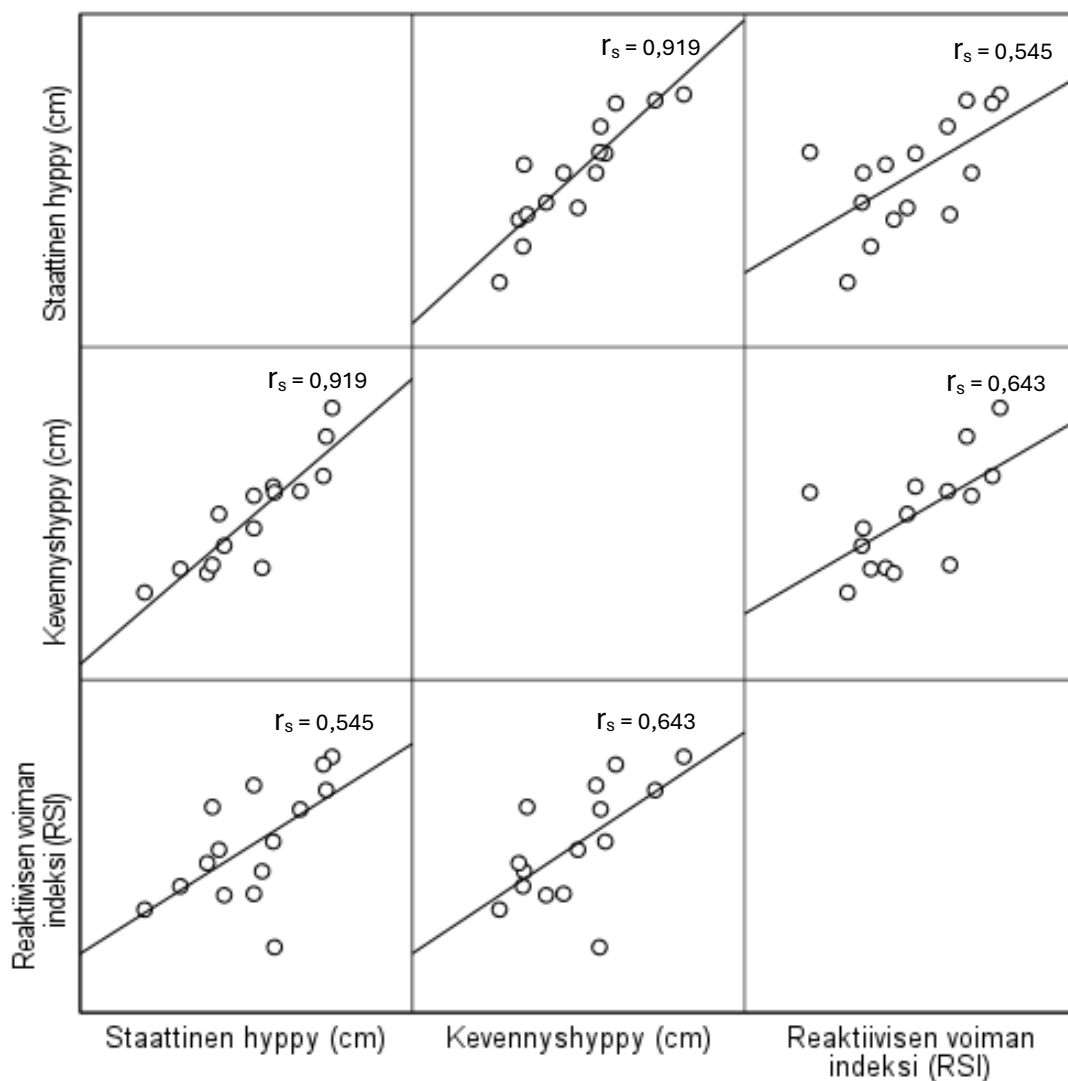
*heikosti tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,1$)



Kuva 29. Nivelliikkuvuuden yhteys 10/5-toistohyppytestillä mitattuun RSI-arvoon (N = 15)

Kaikkien hyppytestien välillä todettiin positiivinen korrelaatio (kuva 30). Vahvin korrelaatio todettiin staattisen hypyn ja kevennyshypyn nousukorkeudella ($r_s = 0,919$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,001$). RSI-arvolla todettiin

vahva korrelaatio kevennyshypyn nousukorkeuteen ($r_s = 0,643$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,01$). RSI-arvolla todettiin vahva korrelaatio myös staattisen hypyn nousukorkeuteen ($r_s = 0,545$). Tulos on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,032$).



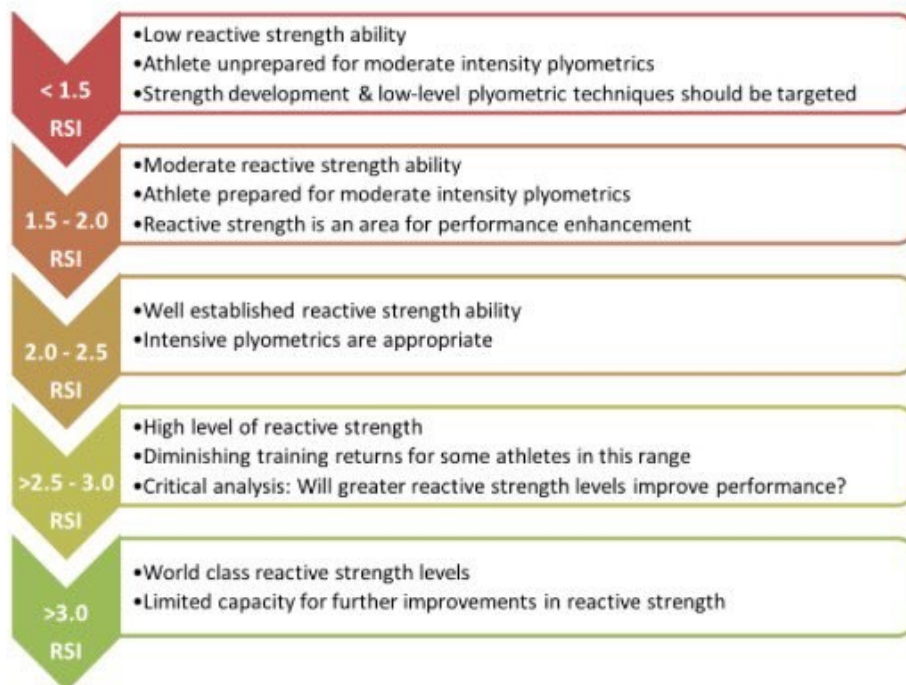
Kuva 30. Staattisen hypyn nousukorkeuden, kevennyshypyn nousukorkeuden ja RSI-arvon korrelaatio (N = 15)

8.4 Muut havainnot

Tässä opinnäytetyössä pituudella ei havaittu merkittävää korrelaatiota vertikaalihyppyihin tai liikkuvuuteen. Suuremmalla painolla havaittiin yhteys parempaan lonkan ekstension liikkuvuuteen, vastaavaa yhteyttä ei havaittu muissa liikesuunnissa tai vertikaalihypyissä. Maalivahtien keskipituuden havaittiin olevan hieman Englannin pääsarjatasolla pelaavia maalivahteja pienempi (ks. West 2018). Keskipituus oli samassa linjassa Perez-Arronizin ym. (2023) havaintojen kanssa toisin kuin paino, jonka havaittiin olevan hieman pienempi.

Potku- ja tukijalan liikkuvuuksissa ei havaittu merkittäviä puolieroja. Opinnäytetyössä iältään vanhemmilla havaittiin vahvempi positiivinen korrelaatio staattiseen hyppyyn ($r_s = 0,531$, $p = 0,042$), kevennyshyppyyn ($r_s = 0,532$, $p = 0,041$) ja RSI-arvoon ($r_s = 0,489$, $p = 0,064$).

Testihenkilöillä, joilla havaittiin lonkka ekstensiossa mitattuna keskiarvoa suurempi sisärotaation liikkuvuus, havaittiin ulkorotaatiossa pääsääntöisesti keskiarvoa pienempi liikkuvuus ja toisin päin. Testihenkilöillä, joilla havaittiin lonkka fleksiossa mitattuna keskiarvoa suurempi sisärotaation liikkuvuus, havaittiin myös ulkorotaatiossa pääsääntöisesti keskiarvoa suurempi liikkuvuus. Toisin sanoen ekstensiossa mitatuilla rotaatiosuunnan liikkuvuuksilla havaittiin negatiivinen ja fleksiossa mitatuilla positiivinen yhteys. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan rotaatiosuunnan kokonaisliikkuvuuden keskiarvo kohderyhmässä oli 104,3 astetta ja keskihajonta $\pm 5,82$ astetta. Lonkka fleksiossa mitatun lonkan rotaatiosuunnan kokonaisliikkuvuuden keskiarvo kohderyhmässä oli 102,2 astetta ja keskihajonta $\pm 16,2$ astetta.



Kuva 31. Reaktiivisen voiman indeksin viitearvot (Flanagan 2016)

Kevennyshypyssä ja staattisessa hypyssä tämän opinnäytetyön testattavat suoriutuivat hieman paremmin kuin islantilaisessa (Arnason ym. 2004) ja portugalilaisessa tutkimuksessa hypänneet jalkapallomaalivahdit (Gouveia ym.

2023). Tulokset olivat samankaltaisia kuin serbialaisessa tutkimuksessa testatuilla jalkapallomaalivahdeilla (Jezdimirović ym. 2013), mutta heikompia kuin Kroatian pääsarjatasen maalivahdeilla (Sporis ym. 2009). Kohderyhmän RSI-arvojen keskiarvo oli 1,61 ja keskihajonta $\pm 0,29$. Flanaganin (2016) viitearvotaulukon (kuva 31) mukaisesti tulos kuvaa kohtalaisia reaktiivisen voiman ominaisuuksia. RSI-arvojen viitearvotaulukko on kuitenkin vain suuntaa antava ja luotu useiden lajien harrastajista, joten sitä tulee tulkita harkiten.

9 POHDINTA

Tutkimustulosten merkitystä tulee pohtia niin tutkimusalueella kuin isommasakin kuvassa (Hirsjärvi ym. 2009, 230). Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuuden korrelaatiota vertikaalihyppyihin, sekä vertikaalihyppöjen välistä korrelaatiota. Tässä kappaleessa pohditaan opinnäytetyöstä saatuja tuloksia ja niiden merkitystä, sekä niihin vaikuttavia tekijöitä, ja luodaan niiden perusteella johtopäätökset ja esitetään jatkotutkimusehdotuksia. Kappaleessa pohditaan myös opinnäytetyön ja sen tulosten luotettavuutta, sekä opinnäytetyön eettisyyttä.

9.1 Tulosten tarkastelu

Staattisessa hypyissä neljällä mittaustuloksella todettiin positiivinen korrelaatio, kahdella negatiivinen korrelaatio, ja kolmella ei todettu olevan korrelaatiota staattisen hypyn nousukorkeuteen. Näistä tilastollisesti merkitsevä tulos oli lonkka ekstensiossa mitattu lonkan sisärotaation yhteys parempaan staattisen hypyn nousukorkeuteen. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation todettiin selittävän vahvimmin staattisen hypyn nousukorkeuden vaihteluita. Vastaavaa aiempaa tutkimustietoa ei ole staattisesta hypystä. Tässä opinnäytetyössä havaittu lonkka ekstensiossa mitatun sisärotaation negatiivinen yhteys lonkka ekstensiossa mitattuun ulkorotaatioon voi selittää tuloksissa havaittua lonkan ulkorotaation yhteyttä huonompaan staattisen hypyn nousukorkeuteen. Nilkkanivelen dorsifleksion ja staattisen hypyn nousukorkeuden välillä todettiin heikko tai pieni positiivinen korrelaatio, mikä on aiempien tulosten mukainen (ks. Panoutsakopoulos ym. 2022). Tässä opinnäytetyössä tulos ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Nilkkanivelen plantaarifleksion ja staattisen hypyn nousukorkeuden välillä todettiin keskisuuri negatiivinen korre-

laatio. Vastaavaa aiempaa tutkimustietoa ei ole. Lisäksi lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation ja lonkan abduktion todettiin korreloivan positiivisesti staattisen hypyn nousukorkeuden kanssa. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation todettiin korreloivan negatiivisesti staattisen hypyn nousukorkeuden kanssa.

Kevennyshypyssä neljällä mittaustuloksella todettiin positiivinen korrelaatio, neljällä negatiivinen ja yhdellä ei todettu olevan korrelaatio nousukorkeuteen. Näistä tilastollisesti merkitseviä tuloksia olivat lonkka ekstensiossa mitattu lonkan sisärotaation yhteys parempaan kevennyshypyn nousukorkeuteen sekä lonkka ekstensiossa mitattu lonkan ulkorotaation yhteys huonompaan kevennyshypyn nousukorkeuteen. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation todettiin selittävän vahvimmin kevennyshypyn nousukorkeuden vaihteluita, vaikka myös lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation selitysaste oli tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi lonkka fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation ja lonkan abduktion todettiin korreloivan positiivisesti kevennyshypyn nousukorkeuden kanssa. Sisärotaation yhteys parempaan kevennyshyppyyn eroaa Hoopingarnerin ym. (2015) saamasta tuloksesta. Tulosten eroja voi selittää erilaiset mittausmenetelmät sekä kohderyhmä. Ulkorotaation yhteydestä kevennyshyppyyn ei ole aiempaa tutkimustietoa. Lonkan fleksiolla todettiin olevan keskisuuri negatiivinen korrelaatio kevennyshypyn nousukorkeuteen, mikä on linjassa aiempaan tutkimukseen (ks. Hoopingarner ym. 2015). Tässä työssä tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi lonkka fleksiassa mitatulla lonkan ulkorotaatiolla todettiin heikko negatiivinen korrelaatio kevennyshypyn nousukorkeuden kanssa. Lonkan ekstension ei todettu korreloivan kevennyshypyn nousukorkeuden kanssa toisin kuin Hoopingarner ym. (2015) totesivat.

Nilkan dorsifleksiolla todettiin olevan keskisuuri positiivinen korrelaatio kevennyshypyn nousukorkeuteen, mikä on linjassa aiempiin tutkimuksiin (ks. Godinho ym. 2019; Panoutsakopoulos ym. 2022; Panoutsakopoulos & Bassa 2023). Nilkan plantaarifleksiolla todettiin pieni tai heikko negatiivinen korrelaatio kevennyshypyn nousukorkeuteen. Aiempaa tutkimustietoa ei ole plantaarifleksion isoloidun liikkuvuuden yhteydestä kevennyshyppyyn, mutta Godinhon ym. (2019) mukaan nilkan yhdistetty plantaari- ja dorsifleksioliikkuvuus on yhteydessä parempaan kevennyshypyn nousukorkeuteen.

Riittävä lonkan sisärotaatio mahdollistaa jalkojen pysymisen suoraan ylävartalon alapuolella staattisen hypyn lähtöasennossa ja ponnistusvaiheessa. Tällöin tuotettu voima kohdistuu vain vertikaalisuuntaan tehden hypystä taloudellisemman, mikä voisi selittää sisärotaation yhteyttä parempiin vertikaalihyppyihin. Mitä kapeammalla asennolla hyppy suoritetaan, sitä enemmän sisärotaation merkitys korostuu staattisen hypyn lähtöasennossa. Hankalaa on selittää, miksi mittaustuloksen selitysaste on suurempi ekstensiossa suoritettulla mittauksella. Kyseessä voi olla myös mittausvirhe tai sattuma. Lonkka ekstensiossa mitatun ulkorotaation negatiivinen yhteys kevennyshyppyyn selittyyneen kuten staattisessa hypyssäkin. Plantaarifleksion negatiivinen yhteys vertikaalihyppöjen nousukorkeuteen oli odottamaton tulos, sillä nilkan paremman liikkuvuuden on aiemmin todettu olevan positiivisesti yhteydessä vertikaalihyppyihin, kuten tässä opinnäytetyössä todettiin dorsifleksiosta. Nilkan parempi liikkuvuus mahdollistaa laajemman voimantuottomatkan, jonka lisäksi nilkan tehokkaamman hyödyntämisen on aiemmin todettu selittävän vertikaalihyppöjen parempia tuloksia. Lonkan abduktion korrelaatio oli hyvin heikko, joten siitä ei voida tehdä johtopäätöksiä.

10/5-toistohyppytestissä kahdella mittaustuloksella todettiin positiivinen korrelaatio, viidellä negatiivinen ja kahdella ei todettu olevan korrelaatiota RSI-arvoon. Näistä tilastollisesti merkitsevä tulos oli lonkka ekstensiossa mitattu lonkan ulkorotaation yhteys huonompaan RSI-arvoon. Lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation todettiin selittävän vahvimmin 10/5 toistohyppytestillä mitatun RSI-arvon vaihteluita. Lonkka ekstensiossa ja fleksiassa mitatun lonkan sisärotaation todettiin korreloivan positiivisesti RSI-arvon kanssa. Lonkan fleksion, lonkka fleksiassa mitatun lonkan ulkorotaation, lonkan ekstension ja nilkan plantaarifleksion todettiin korreloivan negatiivisesti RSI-arvon kanssa.

Suurta määrää negatiivisia yhteyksiä voisi selittää se, että 10/5-toistohyppytesti vaatii enemmän kehonhallintaa verrattuna muihin hyppytesteihin. Tämä yhdistettynä siihen, että liiallisen liikkuvuuden on todettu voivan olevan haitallista, mikäli liikkeen hallinta on puutteellista, voi tämä selittää löydöksiä. 10/5-toistohyppytesti on suhteellisen uusi testi, jota on tutkittu vielä vähän. Jalkapallomaalivahdeilta vaaditaan reaktiivista voimaa, jonka mittaamiseen testi so-

veltuu hyvin, ja jotta testin tuloksia voidaan tulkita jatkossa paremmin, on testiä tarpeen tutkia lisää jalkapallomaalivahdeilla. Testi on nykyään yleisesti käytössä olevia vertikaalihyppytestejä haastavampi suorittaa, joten sen suorittamista tulisi tuoda osaksi joukkueiden omaa testaamista, jotta sen suorittaminen olisi tuttua.

9.2 Johtopäätökset

Tässä opinnäytetyössä lonkkanivelen liikkuvuuden todettiin korreloivan sekä positiivisesti että negatiivisesti vertikaalihypyn kanssa. Tilastollisesti merkitseviä korrelaatiota olivat lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation positiivinen yhteys staattisen hypyn ja kevennyshypyn nousukorkeuteen sekä lonkka ekstensiossa mitatun lonkan ulkorotaation negatiivinen yhteys kevennyshypyn nousukorkeuteen ja 10/5-toistohyppytestillä mitattuun RSI-arvoon. Näiden selitysasteet olivat myös tilastollisesti merkitseviä. Lisäksi heikosti tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot todettiin lonkka ekstensiossa mitatun lonkan sisärotaation positiivisella yhteydellä 10/5-toistohyppytestillä mitattuun RSI-arvoon sekä lonkka fleksiossa mitatun lonkan sisärotaation positiivisella yhteydellä staattisen hypyn nousukorkeuteen. Tässä opinnäytetyössä nilkkanivelen liikkuvuudella ei todettu olevan tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä vertikaalihyppyihin.

Hyppytestien todettiin korreloivan positiivisesti keskenään. Vahvin korrelaatio todettiin staattisen hypyn ja kevennyshypyn nousukorkeuksissa, mikä oli linjassa aiemman tutkimustiedon kanssa. Kevennyshyppyjen tulokset olivat keskimäärin hieman staattisen hypyn tuloksia parempia, mitä selittää kevennyshypyssä hyödynnettävä elastinen komponentti. 10/5-toistohyppytestillä mitatun RSI-arvon todettiin korreloivan vahvemmin kevennyshypyn nousukorkeuden kanssa verrattuna staattisen hypyn nousukorkeuteen. Tätä selittänee elastisen komponentin käyttö kyseisissä testeissä. Aiempaa tutkimustietoa 10/5-toistohyppytestin yhteydestä staattiseen hyppyyn ja kevennyshyppyyn ei ole.

Tämän opinnäytetyön tulosten mukaan lonkka- ja nilkkanivelen liikkuvuudella on sekä positiivinen että negatiivinen yhteys vertikaalihyppytesteihin. Lisäksi vertikaalihyppytestien keskinäinen positiivinen yhteys on vahva.

9.3 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Eettisyys on yksi hyvän tutkimuksen osatekijä. Jokaisella testihenkilöllä on olemassa tietyt, ennalta määrätyt perusoikeudet. Testihenkilöllä on esimerkiksi oikeus vapaaehtoisuuteen, joka tarkoittaa sitä, että hän osallistuu testeihin omasta vapaasta tahdostaan. Hänellä on myös oikeus keskeyttää testit milloin tahansa, ilman erityistä syytä, ja oikeus peruuttaa tutkimukseen osallistuminen kokonaan. Tutkittavalla on myös oikeus saada tietää tutkimuksen tarkasta etenemisestä, henkilötietojen keräämisestä, mitä varten tietoa kerätään, tutkimuksen mahdolliset riskit ja mitä tutkimuksella pyritään selvittämään. Mikäli testataan alaikäisiä, mutta yli 15-vuotiaita henkilöitä, he saavat itse päättää osallistumisestaan tutkimukseen, mutta lähtökohtaisesti heidän huoltajilleen pitää tiedottaa tutkimuksesta. (Kohonen ym. 2019.) Kaikki edellä mainitut kohdat täytyivät tämän opinnäytetyön kohdalla ja niistä tiedotettiin testattavia tietosuojalomakkeella. Kaikissa tutkimuksen vaiheissa aina sen toteutuksesta tulosten analysointiin pitää toimia hyvän tieteellisen käytännön mukaan, huolellisesti ja tarkasti. Saatujen tuloksien luotettavuutta pitää arvioida kaikki siihen vaikuttavat asiat huomioiden. (Tähtinen ym. 2020.)

Opinnäytetyön luotettavuutta lisää se, että sitä oli tekemässä kaksi henkilöä. Opinnäytetyön aihe valikoitui tekijöiden omien mielenkiinnonkohteiden mukaan ja se suunniteltiin yhdessä työn tilaajan kanssa perustuen tarpeeseen tutkia jalkapallomaalivahteja ja käyttäen hyödyksi naprapaattikoulutuksesta sovellettavaa tietoa. Työn teoriapohjana käytettiin kansainvälistä ajantasaista tutkittua tietoa aiheesta. Opinnäytetyöprosessin aikana hyödynnettiin opponenteja ja opinnäytetyön ohjaajaa.

Tämän opinnäytetyön tulosten luotettavuutta heikentää se, että otoskoko jäi tarkoitettua pienemmäksi, koska kaikki osallistujat eivät täyttäneet sisäänotto-kriteerejä testauspäivänä. Otos oli kuitenkin varsin laaja verrattuna moneen muuhun jalkapallomaalivahdeilla tehtyyn tutkimukseen. Opinnäytetyöhön osallistuvat joukkueet valittiin logistisista syistä maantieteellisin perustein, joten kaikilla Veikkausliigajoukkueilla ja niiden maalivahdeilla ei ollut mahdollisuutta osallistua testauksiin. Testaukset suoritettiin joukkueiden mukaan eri pai-

koissa, joten testiympäristö ei ollut vakioitu. Testipaikat olivat kuitenkin joukkueiden itse määrittämiä, testattaville ennestään tuttuja, joka voidaan nähdä tasapuolisesti jokaisen testatun etuna. Testiolosuhteet pyrittiin vakioimaan niin hyvin kuin mahdollista.

Testipäivistä luotiin tasapuoliset ja samanlaiset kaikille. Testauspatteri luotiin siten, että yksittäisen testattavan testien kulku ja aikataulu pystyttiin vakioimaan riippumatta siitä, kuinka monta testattavaa osallistuu testipäivään. Testipäivän kulku harjoiteltiin pitämällä yksi harjoitustestipäivä, jolla varmistuttiin aikataulun toimimisesta ja tehtiin tarvittavat muutokset ohjeistuksiin. Testaajien työnjako oli selkeä ja toisti samaa kaavaa. Ohjeistukset antoi sama henkilö ja esimerkkiliikkeet näytti sama henkilö. Näin kaikille testattaville pyrittiin luomaan keskenään samanlaiset edellytykset.

Testaamiseen käytettiin mittausvälineitä ja -menetelmiä, jotka ovat mahdollisimman toistettavia sekä todettu luotettaviksi ja päteviksi kyseisten ominaisuuksien mittaamiseen ja siten antoivat vastauksia tutkimuskysymyksiin. Testaajat saivat koulutuksen testausvälineiden käyttöön kokeneempien testaajien toimesta. Voimalevyä pidetään parhaana laitteena hyppytestien mittaamiseen ja sen kanssa käytettävä tietokoneohjelma poissulkee virheellisesti suoritettuja hyppyjä, mikä vähentää mittavirheistä johtuvaa tulosten vääristymää. Voimalevyn toimintahäiriöiden varalta testattavilla oli mukana toinen voimalevy. Goniometrillä on todettu saatavan luotettavia mittaustuloksia saman henkilön suorittaessa mittaukset. Nivelliikkuvuusmittaukset suoritettiin kuitenkin vain kerran, mikä voidaan nähdä luotettavuutta heikentävänä tekijänä. Testausvälineet kalibroitiin jokaisessa testipaikassa ennen testauksia.

Opinnäytetyön testaukset suoritettiin pelikauden 2023 aikana. Testaukset ajoittuivat kuitenkin hieman eri ajankohtiin. Testipäivät pyrittiin ajoittamaan kahden päivän päähän otteluista (MD+2) ennen päivän muita harjoituksia, mutta joukkueiden omien toiveitten takia tämä ei toteutunut kaikilla. Näistä syistä muun kuormituksen vaikutusta ei pystytty täysin vakioimaan.

9.4 Jatkotutkimusehdotukset

Jalkapallomaalivahteihin keskittyviä tutkimuksia on julkaistu edelleen suhteellisen vähän, joten yleisesti lisätutkimuksia kaivataan. Tällä tutkimuksella saatiin tuotettua uutta tutkimustietoa jalkapallomaalivahdeista, mutta jotta tulokset olisivat luotettavammin yleistettävissä koskemaan perusjoukkoa, vastaava tutkimusasetelma tulisi toteuttaa isommalla otoksella. Samalla voisi kartoittaa Veikkausliigamaalivahtien fyysisiä ominaisuuksia ja luoda viitearvot, joita voisi verrata muiden sarjojen vastaaviin.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin vain vertikaalihyppytestejä. Vastaavan tutkimusasetelman voisi toteuttaa jalkapallomaalivahdeilla siten, että hyppytesteinä käytettäisiin lateraalisuuntaisia, enemmän lajinomaisia hyppyjä. Siten saataisiin tarkempaa lajikohtaista tietoa. Samalla voisi tutkia mahdollisten puolierojen vaikutuksen, koska tiedetään potku- ja tukijalan liikkuvuudessa olevan pieniä eroja, sekä lateraalisuunnan ponnistuksessa jalkojen roolien olevan erilaiset.

Tämän opinnäytetyön tulokset eivät ole suoraan hyödynnettävissä käytäntöön, mutta tulosten perusteella voisi toteuttaa pitkittäistutkimuksen jalkapallomaalivahdeilla, jossa tutkittaisiin liikkuvuusharjoittelun vaikutuksia hyppytestien tuloksiin. Siten saataisiin testattua tämän opinnäytetyön tuloksia käytännössä. Tutkimus voitaisiin toteuttaa luomalla harjoitusohjelma tässä työssä todettujen positiivisten liikesuuntien kehittämiseksi henkilöillä, joilla näissä havaitaan puutoksia.

Jotta 10/5-toistohyppytestiä voitaisiin hyödyntää jatkossa paremmin jalkapallomaalivahtien fyysisten ominaisuuksien kartoittamisessa, tulisi sitä tutkia nimenomaan jalkapallomaalivahdeilla ja luoda viitearvot. Tutkimus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi suorittamalla useampia testikertoja pidemmällä aikavälillä eri tasoilla ja eri ikäisillä jalkapallomaalivahdeilla.

LÄHTEET

- Adams, M. A. 2016. Functional anatomy of the musculoskeletal system. Teoksessa: Standring, S. (toim.) Gray's Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice. 41. painos. Lontoo: Elsevier, 96–101.
- Ahtiainen, J. 2018. Notkeus. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Fyysisen kunnan mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaa- jille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry, 227–233.
- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2018. Hermolihasjärjestelmä. Teoksessa Keski- nen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Fyysisen kunnan mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaa- jille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry, 168–182.
- Alaterä, T., Mattila, M., Paaso, E., Borg, S., Alastalo, M., Ellonen, N., Sivonen, J., Keckman-Koivuniemi, H., Antikainen, S., Pasanen, T., Arhosalo, I., Hakala, K., Kortelainen, L., Lähderanta, T., Pellinen, J., Perälä, A., Karvanen, J., Kaa- kinen, M., Suonpää, K., Kestilä-Kekkonen, E., Härkänen, T., Valaranta, A. & Ala-Lahti, H. 2021. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yh- teiskuntatieteellinen tietoarkisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/> [viitattu 8.2.2023].
- Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Anvar, S. H., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A. & Behm, D. G. 2023. Resistance Training Induces Improvements in Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 3, 707–722. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x> [viitattu 4.1.2023].
- ACSM. 2016. ACMS's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. American College of Sports Medicine. 10. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. 2004. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2, 278–285. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000113478.92945.ca> [viitattu 5.5.2024].
- Attia, A., Dhahbi, W., Chaouachi, A., Padulo, J., Wong, D. P. & Chamari, K. 2017. Measurement errors when estimating the vertical jump height with flight time using photocell devices: the example of Optojump. *Biology Of Sport* 1, 63–70. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.63735> [viitattu 22.12.2023].
- Barbosa, I. M., Bernardes da Rosa, H., Santos, L. S., Pruch, S. K., Lessa de Oliveira, V. & Lemos, L. 2016. Health Sciences 40. WWW-dokumentti. Saata- vissa: <https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v40i1.33655> [viitattu: 22.2.2023].
- Berryman Reese, N. & Bandy, W. D. 2010. Joint Range of Motion and Muscle Length Testing. 2. painos. St. Louis: Saunders Elsevier.

- Bhamare, D. S., Ayare, P. P., Khandge, A. V., Shroff, A. S. & Herode, P. 2017. Reliability of goniometry to determine the hip range of motion. *International Journal of Surgery, Trauma and Orthopaedics* 3, 66–71. Verkkolehti. Saatavissa: <https://surgical.medresearch.in/index.php/ijoso/article/view/30/60> [viitattu 21.1.2024]
- Bongiovanni, T., Rossi, A., Genovesi, F., Martera, G., Puleo, G., Orlandi, C., Spedicato, M., Iaia, F. M., Del Vescovo, R., Gallo, S., Cannataro, R., Ripari, P., Micheli, M. L., Cataldi, S. & Trecroci, A. 2023. How Do Football Playing Positions Differ in Body Composition? A First Insight into White Italian Serie A and Serie B Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2, 80. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/jfmk8020080> [viitattu 23.12.2023].
- Buckthorpe, M., Morris, J. & Folland, J. P. 2012. Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences* 1, 63–69. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.624539> [viitattu 23.1.2024].
- Burgess, D. 2017. Training programming and prescription. Teoksessa: Brukner, P. & Khan, K. (toim.) *Clinical Sports Medicine*. 5. painos. Sydney: McGraw-Hill Education, 139–152.
- Burgess, D. J. & Gabbett, T. J. 2013. Football (Soccer) players. Teoksessa: Tanner, R. K. & Gore, C.J. (toim.) *Physiological Tests for Elite Athletes*. 2. painos. Champaign: Human Kinetics, 323–330.
- Cerrah, A. O., Onarici Gungor, E., Soylu, A. R. & Ertan, H. 2014. Muscular activation differences between professional and amateur soccer players during countermovement jump. *Turkish Journal of Sport and Exercise* 2, 51–56. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.15314/TJSE.201428105> [viitattu 16.2.2024].
- Clarkson, H. M. 2013. Musculoskeletal Assessment. Joint Motion and Muscle Testing. 3. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Çolak, R. & Ağaşcioğlu, E. A. 2020. An evaluation of professional regional soccer goalkeepers using three different choice reaction times and vertical jumps. *The Sport Journal*, 1–15. Verkkolehti. Saatavissa: <https://thesportjournal.org/article/an-evaluation-of-professional-regional-soccer-goalkeepers-using-three-different-choice-reaction-times-and-vertical-jumps/> [viitattu 29.1.2024].
- D'Antoni, A. V. 2016. Teoksessa: Standring, S. (toim.) *Gray's Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 41. painos. Lontoo: Elsevier, 1418–1451.
- Deprez, D., Fransen, J., Boone, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. & Vaeyens, R. 2015. Characteristics of high-level youth soccer players: variation by playing position. *Journal of sports sciences* 3, 243–254. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.934707> [viitattu 20.12.2023].

@EamonnFlanagan. 2016. Julkaistu 23.4.2016. X-mikroblogipalvelu. Tilapäivitys. Saatavissa: <https://twitter.com/EamonnFlanagan/status/723828965840949249> [viitattu 6.5.2024].

Earp, J. E., Kraemer, W. J., Newton, R. U., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Dunn-Lewis, C., Solomon-Hill, G., Penwell, Z. R., Powell, M. D., Volek, J. S., Denegar, C. R., Häkkinen, K., Maresh, C. M. 2010. Lower-Body Muscle Structure and Its Role in Jump Performance During Squat, Countermovement, and Depth Drop Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* 3, 722–729. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d32c04> [viitattu 30.1.2023].

Ellis, P. D. 2010. *The Essential Guide to Effect Size Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results*. Cambridge: Cambridge University Press.

Godinho, I., Pinheiro, B. N., Scipião Júnior, L. D. G., Lucas, G. C., Cavalcante, J. F., Monteiro, G. M. & Gomes Uchoa, P. A. 2019. Effect of Reduced Ankle Mobility on Jumping Performance in Young Athletes. *Motricidade* 2-3, 46–51. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.6063/motricidade.12869> [viitattu 10.1.2024].

Gouveia, J. N., França, C., Martins, F., Henriques, R., Nascimento, M. M., Ihle, A., Sarmiento, H., Przednowek, K., Martinho, D. & Gouveia, É. R. 2023. Characterization of Static Strength, Vertical Jumping, and Isokinetic Strength in Soccer Players According to Age, Competitive Level, and Field Position. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 3, 1799. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390%2Fijerph20031799> [viitattu 5.5.2024].

Gradoz, M. C., Bauer, L. E., Grindstaff, T. L. & Bagwell, J. J. 2018. Reliability of Hip Rotation Range of Motion in Supine and Seated Positions. *Journal of Sport Rehabilitation* 4, 1–17. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0243> [viitattu 24.1.2024].

Hakkarainen, H. 2015. Nopeuden harjoittaminen. Teoksessa Danskanen, K. & Tuunainen, S. (toim.) *Lasten ja nuorten hyvä harjoittelu*. 1. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 236–254.

Harper, D. 2011. The 10 to 5 repeated jump test: A new test for the evaluation of reactive strength. Bases 2011 Annual Student Conference at The University of Chester. Dia-esitys. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/304361352_The_10_to_5_repeated_jump_test_A_new_test_for_the_evaluation_of_reactive_strength [viitattu 28.1.2024].

Haugen, T. 2017. Sprint conditioning of elite soccer players: Worth the effort or lets just buy faster players?. *Sports Performance & Science Reports* 4, 1–3. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.researchgate.net/publication/321020398> [viitattu 19.4.2024].

Healy, R., Kenny, I. C. & Harrison, A. J. 2017. Reactive Strength Index: A Poor Indicator of Reactive Strength?. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 6, 802–809. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0511> [viitattu 16.2.2024].

- Heneghan, N. R., Lokhaug, S. M., Tyros, I., Longvastøl, S. & Rushton, A. 2020. Clinical reasoning framework for thoracic spine exercise prescription in sport: a systematic review and narrative synthesis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 6, 1–13. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000713> [viitattu 16.2.2024].
- Hirsjärvi, S. Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. Painos. Helsinki: Tammi.
- Hoopingarner, J. K. 2015. Relationship of passive hip range of motion to counter-movement jump height and peak power output in young adults. ETD Archive. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://engagedscholarship.csuohio.edu/etdarchive/551/> [viitattu: 22.2.2023].
- HUR. 2023. Force Platform FP8 2003. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hur.fi/fi/tuote/2004-force-platform-fp8> [viitattu 23.1.2014].
- Huseyin, C. & Bulut, S. 2024. Comparing the effects of akimbo and bent-in-front arm positions on jump metrics: Validity and reliability of a modified 10/5 repeated jump test. *Journal of Biomechanics* 111945. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.111945> [viitattu 28.1.2024].
- Ibrahim, R., Kingma, I., De Boode, V. A., Faber, G. S. & Van Dieën, J. H. 2019. Kinematic and kinetic analysis of the goalkeeper's diving save in football. *Journal of Sports Sciences* 3, 313–321. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1499413> [viitattu 25.1.2024].
- Isolehto, J. 2016. Nopeusvoimaharjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. (toim.) Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. 1. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 266.
- Jaakola, T. 2018. Ketteryys: harjoitteita motoristen taitojen kehittämiseksi. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Jalkapallosäännöt. 2023. Suomen Palloliitto. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www-assets.palloliitto.fi/62562/1675245175-jalkapallosaannot-2023-final.pdf> [viitattu 23.12.2023].
- Jezdimirović, M., Joksimović, A., Stanković, R. & Bujanj, S. 2013 Differences in the vertical jump in soccer players according to their position on the team. *Physical Education and Sport* 3, 221–226. Verkkolehti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/340184051_Differences_in_the_vertical_jump_in_soccer_players_according_to_their_position_on_the_team [viitattu 5.5.2024].
- Kalaja, S. 2016. Liikkuvuuden harjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. (toim.) Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. 1. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 313–320.
- Kalaja, S. 2015. Liikkuvuuden harjoittaminen. Teoksessa Danskanen, K. & Tuunainen, S. (toim.) Lasten ja nuorten hyvä harjoittelu. 1. painos. Lahti: VK-kustannus Oy, 255–269.

- Kallinen, M., Kujala, U. & Tikkanen, H. 2018. Fyysisen kunnan mittaamiseen liittyvien terveystieteiden arviointi ja testaamisen turvallisuusnäkökohdat. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Fyysisen kunnan mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaaajille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry, 29–46.
- Kaltenborn, F. M. 2017. Raajojen nivelten manuaalinen mobilisointi. Nivelten manuaalinen tutkiminen ja mobilisointi peruskoulutuksessa. 4. painos. Suom. T. Lahtinen. Tampere: SOMTY.
- Kauranen, K. 2014. Lihask rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. 1. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.
- Kauranen, K. 2021. Kuormitusfysiologia. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.
- Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. 2. painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.
- Kauranen, K & Nurkka, N. 2022. Liikkumisen biomekaniikkaa. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.
- Keiner, M., Sander, A. & Wirth, K. 2013. Long-Term Strength Training Effects on Change-of-Direction Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Association* 1, 223–231. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e318295644b> [viitattu 21.4.2024].
- Kohonen, I., Kuula-Luumi, A. & Spoof, S. 2019. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa: Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Julkaisuja 3/2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarviointin_ohje_2020.pdf [viitattu 29.4.2024].
- Komi, P. V. & Bosco, C. 1978. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports* 4, 261–265. Verkkolehti. Saatavissa: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/750844/> [viitattu 2.2.2024].
- Konrad, A., Reiner, M. M., Bernsteiner, D., Glashüttner, C., Thaller, S. & Tilp, M. 2021. Joint Flexibility and Isometric Strength Parameters Are Not Relevant Determinants for Countermovement Jump Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 5, 2510. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052510> [viitattu 27.12.2023].
- Kopper, B., Csende, Z., Trzaskoma, L. & Tihanyi, J. 2014. Stretch-shortening cycle characteristics during vertical jumps carried out with small and large range of motion. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2, 233–239. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.01.001> [viitattu 22.12.2023].

- Kyröläinen, H. 2018. Nopeusvoima. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Fyysisen kunnan mittaaminen – käsi- ja oppikirja kunto-
testaajille*. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry, 196–210.
- Linthorne, N. P. 2001. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics* 11, 1198–1204. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1397460> [viitattu 16.2.2024].
- Lopez-Gajardo, M. A., Gonzalez-Ponce, I., Pulido, J. J., Garcia-Calvo, T. & Leo, F. M. 2020. Analysis of the Football Goalkeeper's Technical-Tactical Actions in Competition. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y el Deporte* 80, 577–594. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.15366/rimcafd2020.80.008> [viitattu 21.12.2023].
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I & Cardinale, M. 2004. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 3, 551–555. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200408000-00028> [viitattu 22.12.2023].
- Markovic, G. & Mikulic, P. 2010. Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training. *Sports Medicine* 10, 859–895. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000> [viitattu 22.12.2023].
- Martin, R. L. & McPoil, T. G. 2005. Reliability of Ankle Goniometric Measurements: a literature review. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 6, 564–572. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.7547/0950564> [viitattu 21.1.2024].
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2023. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance*. 9. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.
- McGuigan, M. R., Sheppard, J. M., Cormack, S. J. & Taylor, K-L. 2013. *Strength and Power Assessment Protocols*. Teoksessa: Tanner, R.K. & Gore, C.J. (toim.) *Physiological Tests for Elite Athletes*. 2. painos. Champaign: Human Kinetics, 207–230.
- McMahon, J. J., Lake, J. P. & Suchomel, T. J. 2019. Vertical jump testing. Teoksessa Comfort, P., Jones, P. A. & McMahon J. J. (toim.) *Performance Assessment in Strength and Conditioning*. 1. painos. Abingdon: Routledge.
- Morton, A. R. 2008. *Excercise Physiology*. Teoksessa: Taussig, L. M. & Landau, L. I. (toim.) *Pediatric Respiratory Medicine*. 2. painos. Lontoo: Elsevier, 91.
- Neumann, D. A. 2016. Hip. Teoksessa: Standring, S. (toim.) *Gray's Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 41. painos. Lontoo: Elsevier, 1376–1380.
- Obetko, M., Peráček, P., Mikulič, M. & Babic, M. 2022. Technical–tactical profile of an elite soccer goalkeeper. *Journal of Physical Education and Sport* 1, 38–46. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.01005>[viitattu 20.12.2023].

Panoutsakopoulos, V. & Bassa, E. 2023. Countermovement Jump Performance Is Related to Ankle Flexibility and Knee Extensors Torque in Female Adolescent Volleyball Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2, 76. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/jfmk8020076> [viitattu 21.12.2023].

Panoutsakopoulos, V., Kotzamanidou, M. C., Giannakos, A. K. & Kollias, I. A. 2022. Relationship of vertical jump performance and ankle joint range of motion: effect of knee joint ankle and handedness in young adult handball players. *Sports* 6, 86. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/sports10060086> [viitattu 22.2.2023].

Perez-Arroniz, M., Calleja-González, J., Zabala-Lili, J. & Zubillaga, A. 2023. The soccer goalkeeper profile: Bibliographic review. *The Physician and sportsmedicine* 3, 193–202. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2040889> [viitattu: 30.10.2023].

Pérez-Castilla, A. & García-Ramos, A. 2018. Evaluation of the Most Reliable Procedure of Determining Jump Height During the Loaded Countermovement Jump Exercise: Take-Off Velocity vs. Flight Time. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 7, 2025–2030. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002583> [viitattu 16.2.2024].

Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A. & Bianco, A. 2019. A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology* 1384. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384> [viitattu 26.1.2024].

Physical Medicine & Rehabilitation. 2016. Measurement of range of motion of the hip. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.8.2016. Saatavissa: <https://musculoskeletalkey.com/measurement-of-range-of-motion-of-the-hip/> [viitattu 17.2.2024].

Reiman, M. P. 2016. Hip. Teoksessa: Reiman, M. P. (toim.) *Orthopedic Clinical Examination*. Champaign: Human Kinetics, 731–801.

Ross, S. M. & Morrison, G. R. 2004. *Experimental Research Methods*. Teoksessa Jonassen, D. & Driscoll, M. (toim.) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. 2. painos. New York: Routledge, 1021–1043.

Ruschel, C., Hauptenthal, A., Hubert, M., de Brito Fontana, H., Matheus, S. & Roesler, H. 2011. Simple reaction time in soccer players from differing categories and field positions. *Motricidade* 4, 73–82. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.6063/motricidade.90> [viitattu 9.3.2024].

Sander, A., Keiner, M. & Wirth, K. 2013. Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European journal of sport science* 5, 445–451. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.742572> [viitattu 21.4.2024].

Sarna, S. 2011. Kliinisen biostatistiikan peruskurssi. Helsingin yliopisto. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.mv.helsinki.fi/home/sarna/Opetus/Moniste%20Osa%201> [viitattu 23.4.2024].

Schwelldnus, M. 2003. Flexibility and Joint Range of Motion. Teoksessa Frontera, W. R. (toim.) *Rehabilitation of Sports injuries: Scientific Basis*. Oxford: Blackwell Science Ltd, 232–257.

Shefali, C. & Reiman, M. P. 2016. Lower leg, ankle, and foot. Teoksessa: Reiman, M. P. (toim.) *Orthopedic Clinical Examination*. Champaign: Human Kinetics, 863–941.

Skopal, L. K., Drinkwater, E. J. & Behm, D. G. 2024. Application of mobility training methods in sporting populations: A systematic review of performance adaptations. *Journal of Sports Sciences* 1, 46–60. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2321006> [viitattu 2.5.2024].

Southey, B., Connick, M., Spits, D., Austin, D. & Beckman, E. 2023. Determining Interday & Intraday Reliability of the 10/5 Repeated Jump Test in Elite Australian Footballers. *International Journal of Strength and Conditioning* 3. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.47206/ijsc.v3i1.181> [viitattu 27.10.2023].

Southey, B., Willshire, M., Connick, M. J., Austin, D., Spits, D. & Beckman, E. 2023. Reactive Strength Index as a Key Performance Indicator in Different Athlete Populations – A Systematic Review. *Science & Sports*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2023.01.004> [viitattu 16.2.2024].

Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M. & Milanovic, D. 2009. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7, 1947–1953. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b3e141> [viitattu: 30.10.2023].

Stratford, C., Dos´Santos, T. & McMahon, J. 2020. Comparing drop jumps with 10/5 repeated jumps to measure reactive strength index. *Professional Strength & Conditioning* 57, 23–28. Verkkolehti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/342901881_A_Comparison_Between_the_Drop_Jump_and_105_Repeated_Jumps_Test_to_Measure_the_Reactive_Strength_Index/citations [viitattu 28.1.2024].

Stratford, C., Dos´Santos, T. & McMahon, J. 2021. The 10/5 Repeated Jumps Test: Are 10 Repetitions and Three Trials Necessary? *Biomechanics* 1, 1-14. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/biomechanics1010001> [viitattu 27.10.2023].

Suni, J. & Vasankari, T. 2011. Terveyskunto ja fyysinen toimintakyky. Teoksessa Fogelholm, M., Vuori, I. & Vasankari, T. (toim.) *Terveysliikunta*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Suomen Palloliitto. 2023. Suomen Palloliitto organisaationa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.palloliitto.fi/palloliitto> [viitattu 20.2.2023].

Tähtinen, J., Laakkonen, E. & Broberg, M. 2020. Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita. 2. painos. Turku: Turun yliopiston kasvatustieteiden laitos.

Vilkkä, H. 2007. Tutki ja mittaa: Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi.

West, J. 2018. A review of the key demands for a football goalkeeper. *International Journal of Sports Science & Coaching* 6, 1215 – 1222. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/1747954118787493> [viitattu 22.2.2023].

White, A., Hills, S. P., Hobbs, M., Cooke, C. B., Kilduff, L. P., Cook, C., Roberts, C. & Russell, M. 2020. The physical demands of professional soccer goalkeepers throughout a week-long competitive microcycle and transiently throughout match-play. *Journal of Sports Sciences* 8, 848–854. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1736244> [viitattu 22.12.2023].

White, A., Hills, S. P., Cooke, C. B., Batten, T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Roberts, C. & Russell, M. 2018. Match-Play and Performance Test Responses of Soccer Goalkeepers: A Review of current Literature. *Sports Medicine* 11, 2497–2516. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0977-2> [viitattu 23.12.2023].

WHO. 2020. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. World Health Organization. Geneve: World Health Organization. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128> [viitattu 6.2.2024].

Woolford, S. M., Polglaze, T., Rowsell, G. & Spencer, M. 2013. Field Testing Principles and Protocols. Teoksessa: Tanner, R. K. & Gore, C. J. (toim.) Physiological Tests for Elite Athletes. 2. painos. Champaign: Human Kinetics, 207–230.

Yamashita, D., Murata, M. & Inaba, Y. 2020. Effect of Landing Posture on Jump Height Calculated from Flight Time. *Applied Sciences* 3, 776. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/app10030776> [viitattu 18.2.2024].

Zajac, F. E. 1993. Muscle coordination of movement: a perspective. *Journal of Biomechanics* 1, 109–124. Verkkolehti. Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(93\)90083-q](https://doi.org/10.1016/0021-9290(93)90083-q) [viitattu 4.2.2024].

Ziv, G. & Lidor, R. 2011. Physical characteristics, physiological attributes, and on-field performances of soccer goalkeepers. *International journal of sports physiology and performance* 4, 509–524. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1123/ijspp.6.4.509> [viitattu 20.12.2023].

Suomenkielinen esitieto- ja suostumuslomake

ESITIELOMAKE

Naprapaatti (AMK)

On tärkeää, että tiedämme elintavoitiasi ja liikuntatottumuksistasi ennen kuin testaamme sinut. Siksi oletan ystävällinen ja vastaat alla oleviin kysymyksiin.

Nimi:	Syntymäaika:
Osoite:	Testipäivämäärä:
Sähköposti:	Pituus:
Puhelin:	Paino:

Kumpi on sinun vahvempi jalkasi (potkujalka)?	Vasen	Oikea
Oletko testihetkellä pelikuntoinen?	Kyllä	Ei
Oletko aiemmin käynyt kuntotestissä?	Kyllä	Ei
Saako terveystietojasi kysyä?	Kyllä	Ei

Onko sinulla todettu jokin tai joitakin seuraavista sairauksista?

Hengityselinsairaus	Kyllä	Ei	Lisätietoja:
Sydänsairaus	Kyllä	Ei	Lisätietoja:
Korkea verenpaine	Kyllä	Ei	Lisätietoja:
Diabetes	Kyllä	Ei	Lisätietoja:
Tuki- ja liikuntaelimestön sairaus	Kyllä	Ei	Lisätietoja:
Muu liikuntasuoritukseen vaikuttava sairaus	Kyllä	Ei	Lisätietoja:

Onko sinulla esiintynyt joitakin seuraavista oireista viimeisen 6kk:n aikana?

Rintakipuja tai puristuksen tunnetta rinnassa?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Rytmihäiriötuntemuksia?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Rasituksen liittyvää hengenahdistusta?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Rasituksen yhteydessä päänsärkyä?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Huimausoireita?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Toistuvia liikkumista haittaavia selkäkipuja?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Toistuvia niska-hartiaseudun oireita?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Toistuvia liikkumista haittaavia nivelkipuja?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Poikkeavan voimakasta uupumusta liikkeessä?	Kyllä	Ei	En osaa sanoa

Harrastan kuntoliikuntaa (ainakin lievää hikoilua ja hengästymistä aiheuttavaa liikuntaa):

En lainkaan Satunnaisesti 1-2Krt/Vko 2-3Krt/Vko 3-4Krt/Vko Yli 4Krt/Vko

Oma arvio kestävyyskunnostasi:

Heikko Välttävä Keskitaso Hyvä Erinomainen

Oma arvio lihaskunnostasi:

Heikko Välttävä Keskitaso Hyvä Erinomainen

Saako testituloksesi tallentaa mahdollista seurantatestiä varten?

Kyllä Ei

Saako testituloksesi käyttää tutkimus- tai raportointitarkoituksessa anonymisti?

Kyllä Ei

Olen selvillä testiin liittyvistä mahdollisista riskeistä. Antamani tiedot ovat oikeat ja kykenen osallistumaan testiin. Osallistun testiin vapaaehtoisesti ja omalla vastuulla:

Paikka ja aika: _____ Allekirjoitus: _____

Nimenselvennys: _____

Englanninkielinen esitieto- ja suostumuslomake

PRE-INFORMATION FORM

Bachelor of Health Care, Naprapathy

It's important that we know about your living and exercise habits before tests.
Please be kind and answer to every question.

Name:	Date of birth:
Address:	Date of test day:
Email:	Height:
Phone:	Weight:

Which is your stronger foot (kicking foot)?	Left	Right
Are you able to play during test day?	Yes	No
Have you been in a fitness test before?	Yes	No
Do you allow to ask information about your health?	Yes	No

Have you been diagnosed with some of the following health conditions?

Respiratory disease	Yes	No	Add. info:
Heart disease	Yes	No	Add. info:
High blood pressure	Yes	No	Add. info:
Diabetes	Yes	No	Add. info:
Musculoskeletal disease	Yes	No	Add. info:
Other disease that affects your exercising	Yes	No	Add. info:

Have you noticed some of the following symptoms during the past 6 months?

Chest pain or feelings of tightness in the chest?	Yes	No	I can't say
Feelings of arrhythmia?	Yes	No	I can't say
Shortness of breath during exercise?	Yes	No	I can't say
Headache during exercise?	Yes	No	I can't say
Feeling of dizziness?	Yes	No	I can't say
Repeated back pain affecting exercising?	Yes	No	I can't say
Repeated neck and shoulder region pain affecting exercising?	Yes	No	I can't say
Repeated joint pain affecting exercising?	Yes	No	I can't say
Abnormally strong feeling of exhaustion during exercising?	Yes	No	I can't say

How often do you exercise (at least mild sweating and breathlessness):

None	Irregularly	1-2x/week	2-3x/week	3-4x/week	Over 4x/week
------	-------------	-----------	-----------	-----------	--------------

Your own estimate of your aerobic capacity:

Weak	Passable	Medium	Good	Excellent
------	----------	--------	------	-----------

Your own estimate of your overall muscle strength

Weak	Passable	Medium	Good	Excellent
------	----------	--------	------	-----------

Do you allow us to save the test results for possible follow-up test?

Yes	No
-----	----

Do you allow us to save the test results for possible future studies?

Yes	No
-----	----

I'm aware of the possible risks of these tests. The information I have given are correct and I'm able to take part in tests. I take part in the study voluntarily and with my own responsibility.

Date and place: _____ Signature: _____

Name clarification: _____

Voimalevyn kalibroitiohje

1-4-2013

CALIBRATION

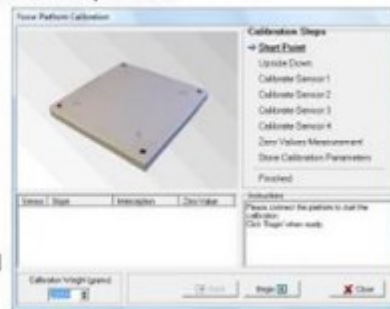
The force transducers of the Force Platform need not to be calibrated before any tests can be run with the unit. The initial calibration is done at the factory.

Calibration weight must be at least 10 kg and its weight should be known accurately.

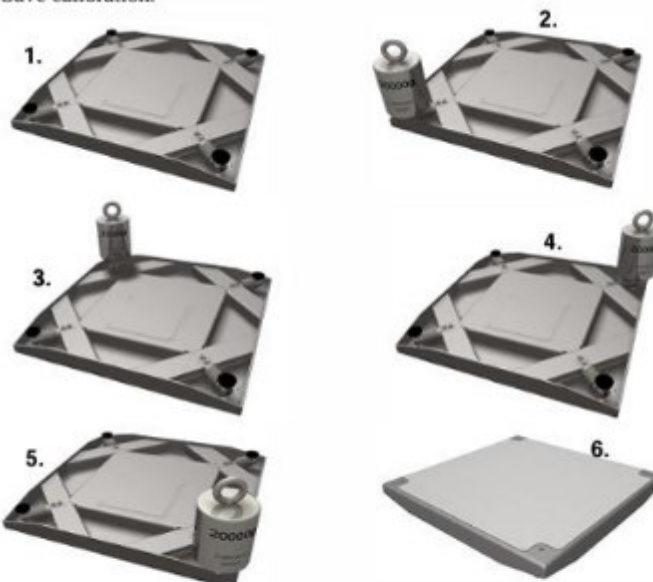
Calibrate the platform every 12 months.

Calibration process:

1. Zero weight measurement at upside down position.
2. Sensor 1 respond for calibration weight.
3. Sensor 2 respond for calibration weight.
4. Sensor 3 respond for calibration weight.
5. Sensor 4 respond for calibration weight.
6. Zero values measurement in normal position.
7. Program calculates calibration parameters.
8. Save calibration.



Software Calibration window



Tietosuojailmoitus



1

Tietosuojailmoitus

(Tietosuojalaki 2018/1050, EU:n yleinen tietosuoja-asetus 2016/679)

Pyydämme sinua osallistumaan Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) opintoihin sisältyvään opinnäytetyöhön liittyvään tutkimukseen.

Tämä tietosuojailmoitus kuvaa, miten henkilötietojasi käsitellään tutkimuksessa.

Opinnäytetyöhön osallistuminen on täysin vapaaehtoista. Voit myös halutessasi keskeyttää osallistumisesi koska tahansa. Mikäli keskeytät tutkimuksen tai peruutat suostumuksen käsitellä henkilötietojasi, keskeyttämiseen ja suostumuksen peruuttamiseen mennessä kerättyjä tietoja voidaan anonymisoida käyttää osana tutkimusaineistoa.

1. Opinnäytetyön rekisterinpitäjä

Jarkko Aallonen
cjaaa004@edu.xamk.fi
04577302103

2. Opinnäytetyön aihe, kesto ja suorittajat

Jalkapallomaalivahtien lonkka ja nilkkanivelen liikkuvuuden yhteys hyppytesteihin
1/2023 - 5/2024
Timo Urpinen & Jarkko Aallonen

3. Mihin tarkoitukseen henkilötietojani kerätään ja käsitellään?

Henkilötietoja käytetään tutkimuksen kohderyhmän ominaispiirteiden kuvaamiseen, sekä tutkimusdatana. Käytettäviä henkilötietoja käsitellään keräämisen jälkeen anonymisti, eikä yksittäiset henkilöt ole tunnistettavissa.

4. Millä perusteella henkilötietojani käsitellään opinnäytetyössä?

Henkilötietoja käsitellään seuraavalla yleisen tietosuoja-asetuksen 6 artiklan 1 kohdan mukaisella perusteella: tutkittavan suostumus

5. Mitä tietoja minusta käsitellään?

Tutkimukseen osallistuvilta kysytään nimi, syntymäaika, osoitetiedot ja yhteystiedot. Tutkimusta varten tallennetaan syntymäajan avulla laskettu ikä testaushetkellä.

6. Mistä lähteistä tietoni kerätään?

Henkilötietoja kerätään ainoastaan tutkittavien täyttämästä testauksen esitieto- ja suostumuslomakkeesta.

7. Luovutetaanko henkilötietojani kolmansille osapuolille?

Rekisteristä ei luovuteta tietoja kolmansille osapuolille

8. Käsitelläänkö tietojani EU:n tai ETA:n ulkopuolella?

Ei käsitellä

Xamkissa käytetään tallennustilana Microsoft pilvipalveluita (Teams ja OneDrive). Microsoft käsittelee pääsääntöisesti tietoja EU/ETA-alueella ja alueellisissa tietokeskuksissa. Microsoft on sitoutunut toimimaan EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen mukaisesti. Microsoftin tietosuojalauseke on luettavissa osoitteesta: <https://privacy.microsoft.com/fi-FI/privacystatement>

9. Kuinka kauan henkilötietojani säilytetään?

Henkilötietoja säilytetään opinnäytetyön julkaisemiseen saakka, jonka jälkeen ne hävitetään.

10. Miten henkilötietoni suojataan?

Henkilötiedot ovat esitietolomakkeissa manuaalisessa muodossa, jotka arkistoidaan opinnäytetyön tekemisen ajaksi samaan paikkaan. Analysointia varten tarvittavat henkilötiedot siirretään sähköiseen muotoon muiden tutkimustietojen yhteyteen, jossa ne eivät ole tunnistettavissa.

11. Miten voin käyttää tietosuoja-asetuksen mukaisia oikeuksiani?

Yhteyshenkilö tutkittavan oikeuksiin liittyvissä asioissa, johon voi ottaa yhteyttä on:
Jarkko Aallonen, +3584577302103 tai cjaa004@edu.xamk.fi

- a) Suostumuksen peruuttaminen (tietosuoja-asetuksen 7 artikla)
Sinulla on oikeus peruuttaa antamasi suostumus, mikäli henkilötietojen käsittely perustuu suostumukseen. Suostumuksen peruuttaminen ei vaikuta suostumuksen perusteella ennen sen peruuttamista suoritettujen käsittelyjen lainmukaisuuteen.
- b) Oikeus saada pääsy tietoihin (tietosuoja-asetuksen 15 artikla)
Sinulla on oikeus saada tieto siitä, käsitelläänkö henkilötietojasi ja mitä henkilötietojasi käsitellään. Voit myös halutessasi pyytää jäljennöksen käsiteltävistä henkilötiedoista.
- c) Oikeus tietojen oikaisemiseen (tietosuoja-asetuksen 16 artikla)

Jos käsiteltävissä henkilötiedoissasi on epätarkkuuksia tai virheitä, sinulla on oikeus pyytää niiden oikaisua tai täydennystä.

d) Oikeus tietojen poistamiseen (tietosuoja-asetuksen 17 artikla)

Sinulla on oikeus vaatia henkilötietojesi poistamista tietyissä tapauksissa.

e) Oikeus käsittelyn rajoittamiseen (tietosuoja-asetuksen 18 artikla)

Sinulla on oikeus henkilötietojesi käsittelyn rajoittamiseen tietyissä tilanteissa kuten, jos kiistät henkilötietojesi paikkansapitävyyden.

f) Vastustamisoikeus (tietosuoja-asetuksen 21 artikla)

Sinulla on oikeus vastustaa henkilötietojesi käsittelyä, jos käsittely perustuu yleiseen etuun tai oikeutettuun etuun. Tällöin ammattikorkeakoulu ei voi käsitellä henkilötietojasi, paitsi jos se voi osoittaa, että käsittelyyn on olemassa huomattavan tärkeä ja perusteltu syy, joka syrjäyttää oikeutesi.

Oikeuksista poikkeaminen

Tässä kuvatuista oikeuksista saatetaan tietyissä yksittäistapauksissa poiketa tietosuoja-asetuksessa ja Suomen tietosuojalaissa säädetyillä perusteilla siltä osin, kuin oikeudet estävät tieteellisen tai historiallisen tutkimustarkoituksen tai tilastollisen tarkoituksen saavuttamisen tai vaikeuttavat sitä suuresti. Tarvetta poiketa oikeuksista arvioidaan aina tapauskohtaisesti.

Valitusoikeus

Sinulla on oikeus tehdä valitus erityisesti vakinaisen asuin- tai työpaikkasi sijainnin mukaiselle valvontaviranomaiselle, mikäli katsot, että henkilötietojen käsittelyssä rikotaan EU:n yleistä tietosuoja-asetusta (EU) 2016/679. Suomessa valvontaviranomainen on tietosuojavaltuutettu.

12. Tietosuojavastaavan yhteystiedot

Xamkin tietosuojavastaavaan saa yhteyden sähköpostiosoitteesta tietosuojavastaava@xamk.fi