

JOUKKUEVOIMISTELUN HARPPAUS- JA RENGASHYPPYJEN 2-DIMENSIONAALINEN ANALYYSI

Terhi Arkko

Kandidaatin tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Kevät 2010

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Taija Juutinen

TIIVISTELMÄ

Arkko, Terhi 2010. Joukkuevoimistelun harppaus- ja rengashyppyjen 2-dimensionaalinen analyysi. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 42 sivua.

Joukkuevoimistelu on kehittynyt suomalaisesta naisvoimistelusta ja on ottanut vaikutteita tanssista sekä rytmisestä voimistelusta. Joukkuevoimistelun suorituksen tulee sisältää monipuolisesti erilaisia vartalon liikkeitä, tasapainoja ja hyppyjä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla joukkuevoimistelun harppaus- ja rengashyppyjen tekniikkaa lajin parhaimmiston kuuluvilla voimistelijoilla. Tammikuussa 2010 tutkimukseen osallistui 17 joukkuevoimistelijaa kahdesta joukkueesta iältään 14–20 vuotta. Koehenkilöiltä mitattiin antropometriset muuttujat eli pituus, jalan pituus, paino ja rasvaprosentti sekä heidän harppaus- ja rengashyppynsä (jalat yhdessä ja auki) kuvattiin videolle. Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin oikean jalan spagaatin yliliikkuvuus ja selän taaksetaivutus. Hypyistä analysoitiin pituudet, lentoajat, nousukorkeudet sekä eri nivelkulmia. Muuttujia vertailtiin myös joukkueiden välillä. Analysointiin käytettiin Vicon Motus, Microsoft Excel ja SPSS tietokoneohjelmia. Tutkimus osoitti, että passiivinen liikkuvuus on merkitsevästi yhteydessä hypyissä tehtyihin aktiivisiin ojennuksiin. Harppaushypyssä jalat aukenivat parhaiten voimistelijoilla, joilla oli suurin yliliikkuvuus spagaatissa. Rengashypyissä selkä taipui eniten voimistelijoilla, joilla selkä taipui eniten myös sillassa. Harppauksen keskimääräiseksi nousukorkeudeksi saatiin 32 ± 6 cm. Lisäksi todettiin, että parhaiten jalat harppauksessa avaa- vat voimistelijat hyppäsivät matalimmat ja lyhyimmät hypyt. Etujalan polvi ojentui hypyissä keskimäärin paremmin kuin takajalan polvi, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Rengashypyissä koukistuneiden polvien polvikulma koko selän suurimman taivutuksen hetkellä oli pienempi jalat yhdessä suoritettussa hypyissä kuin hypyissä jalat auki. Hypyissä jalat auki koko selän taivutus oli sitä suurempi mitä suurempi oli polvikulma. Tutkimukses- sa on määritetty harppaus- ja rengashyppyjen tekniikoiden pääpiirteet, mutta jatkotutkimus- ta kaivataan vielä tarkemman tiedon saamiseksi.

Avainsanat: joukkuevoimistelu, harppaushyppy, rengashyppy, liikeanalyysi, spagaati

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	2
1 JOHDANTO.....	4
2 JOUKKUEVOIMISTELUN FYYSISET VAATIMUKSET.....	5
2.1 Antropometria.....	5
2.2 Voima.....	6
2.3 Nopeus.....	7
2.4 Liikkuvuus.....	7
2.5 Kestävyys.....	8
3 JOUKKUEVOIMISTELUN HYPYT.....	9
3.1 Lajin hyppyvaatimukset.....	9
3.2 Hyppyjen liikeanalyysi.....	11
3.3 Harjoittelu.....	13
5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT.....	14
6 MENETELMÄT.....	15
6.1 Koehenkilöt / joukkueet.....	15
6.2 Protokolla.....	15
6.3 Mittaukset.....	16
6.2.1 Testattavat hypyt.....	18
6.2.3 Analysoitavat muuttujat.....	18
7 TULOKSET.....	21
7.1 Harppaushyppy.....	21
7.2 Rengashyppy.....	26
7.3 Kaikkien hyppyjen pituudet, lentoajat ja nousukorkeudet.....	31
8 POHDINTA.....	33
9 YHTEENVETO.....	40
10 LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Joukkuevoimistelu on suomalaisten kehittämä urheilulaji, joka muotoutui suomalaisesta naisvoimistelusta. Joukkuevoimistelun elementit ovat siis olleet olemassa suomalaisten naisten voimistelussa, mikä on ollut Suomessa yksi tyttöjen liikunnan opetuksen muoto. (Ahonen, M-L. 2005.) Joukkuevoimistelu on ottanut hieman vaikutteita tanssista sekä rytmisestä kilpavoimistelusta (Pitenius 1998).

Joukkuevoimistelu on kurinalaista voimistelua, joka perustuu tyyliin vartalon kokonaisvaltaiseen liikkeeseen. Lajiin kuuluvat sopusointuiset, rytmiset ja dynaamiset liikkeet, jotka suoritetaan taloudellisesti luonnollisen voiman avulla. Liikkeet vaihtuvat sujuvasti toiseen, niin kuin uusi liike olisi tehty edelliseen. Kaikki liikkeet tulee suorittaa sujuvasti ja niistä tulee nähdä liikkeen amplitudi, dynamiikka ja nopeus. Joukkuevoimistelun kilpailujoukkueessa on kuudesta kymmeneen voimistelijaa. Tiimityö ja yhtenäisyys ovatkin lajissa olennaisia. Koreografia muodostaa tarinan ilmeikkään musiikin tulkinnan kautta. Joukkuevoimistelu on siis taidetta, jossa ilmaisu ja tunteet yhdistyvät haastavaksi kilpaurheiluksi. Suorituksen sommittelun tulee sisältää monipuolisia ja erilaisia vartalon liikkeitä, kuten esimerkiksi vartalon aaltoliikkeitä, tasapainoja ja hyppyjä. (IFAGG 2009.) Hyppyominaisuudet ovat tärkeä komponentti useissa urheilulajeissa, kuten myös rytmisessä voimistelussa, jossa hypyn korkeus ja toistettavuus voivat vaikuttaa pisteisiin (Hutchinson ym. 1998). Rytmisen voimistelun voidaan määrittää lajiksi, joka vaatii korkeita hyppyjä. Voimistelijan hyppyominaisuuksien ajatellaan olevan tärkeimpiä asioita osoittamaan lahjakkuutta lajissa. (Di Cagno ym. 2008.)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on verrata 2-dimensionaalisen analyysin avulla joukkuevoimistelun harppaushypyn sekä kahden jalan rengashypyn suoritusta eri voimistelijoilla. Tarkoituksena on siis määrittää hyppyihin vaadittu tekniikka sekä samalla selvittää passiivisen liikkuvuuden yhteyttä aktiiviseen liikkuvuuteen.

2 JOUKKUEVOIMISTELUN FYYSISET VAATIMUKSET

Joukkuevoimistelussa tarvitaan fyysisiä ominaisuuksia, kuten liikkuvuutta, nopeutta, voimaa, koordinaatiota ja kykyä liikkua vaivattomasti. Joukkuevoimistelun sommittelu koostuu muun muassa hypyistä, tasapainoista ja vartalon liikkeistä. (IFAGG 2009).

Vaikka teknisillä taidoilla on rytmisessä voimistelussa suuri merkitys, niin suuri osa näistä taidoista vaatii myös todella hyvää liikkuvuutta, voimaa sekä aerobista että anaerobista kuntoa. Pelkästään taitojen harjoittelu kasvattaa fyysistä kuntoa, mutta monien huippuvoimistelijoiden on lisäksi osallistuttava myös esimerkiksi erillisiin voimaharjoituksiin pärjätäkseen kansainvälisesti lajissa. Rytmisillä voimistelijoilla on myös oltava lajissa menestyäkseen sellaisia piirteitä, kuten kauneutta, arvokkuutta ja itsevarmuutta, joita ei pystytä fysiologisilla testeillä mittaamaan. (Alexander 1989.)

2.1 Antropometria

Alexanderin (1989) tutkimuksessa rytmiset kilpavoimistelijat olivat hieman lyhyempiä ja kevyempiä kuin keskiarvoinen nainen, joka on 165 cm pitkä ja painaa 58–75 kg. Tutkimuksessa todettiin lisäksi, että mitä pidempi voimistelija oli, sitä paremmin menestynyt hän oli. Myös Di Cagno ym. (2008) totesivat saman eli paremmat voimistelijat olivat pidempiä kuin huonommat. Lisäksi heidän tutkimuksensa osoitti, että reiden pituus oli kansainvälisen tason voimistelijoilla pidempi verrattuna kansallisen tason voimistelijoihin.

Voimistelijan painolla ei havaittu samanlaista korrelaatiota menestymiseen, mutta jonkinlaista näyttöä saatiin siitä, että pidemmällä voimistelijalla pieni kehon paino on parempi menestyäkseen. Tutkimuksen voimistelijoiden rasvaprosentin keskiarvo oli 13, mutta kehon koostumuksella ei havaittu olevan korrelaatiota menestykseen. (Alexander 1989.)

Antropometriset muuttujat voimistelijoilla eivät korreloineet Di Cagno ym. (2008) tutkimuksessa kevennyshyppytuloksiin. Hyppelytestissä, jossa hypättiin seitsemän kevennyshy-

pyn sarja kolmesti, nousukorkeudella oli selkeä yhteys voimistelijan pituuteen, jalkojen pituuteen ja rasvattomaan kehon painoon. Voimistelijan pituudella oli yhteys kontaktiaikaan ja lentoaikaan. (Di Cagno ym. 2008.)

2.2 Voima

Joukkuevoimistelussa vaaditaan erityisesti kesto- ja nopeusvoimaa. Kestovoiman merkitys on tärkeä tasapainoissa, joissa on tarkoitus säilyttää asento ja pitää jalkaa korkealla. Pi-rueteissa vartalon voimaa tarvitaan keskivartalon hallintaan. Nopeusvoimaa tarvitaan joukkuevoimistelussa muun muassa hyppyjen terävissä ja nopeissa ponnistuksissa. (Rönkkö 2006.)

Alexander 1989 tutki muun muassa kanadalaisten rytmisten huippuvoimistelijoiden lantion, polven ja hartian ojennuksen sekä koukistuksen voimaa isokineettisellä dynamometrillä. Tutkimuksen voimatuloksissa ei osoitettu selkeää korrelaatiota lajissa menestymiseen (Alexander 1989). Eritasoisten rytmisten voimistelijoiden hyppytutkimuksessa kevennyshypyissä ei löydetty merkittäviä eroja eri voimistelijoiden välillä. Tutkimuksessa tehdyssä hyppelytestissä sen sijaan huomattiin, että hyppyjen mitattu korkeus oli huomattavasti suurempi paremmilla voimistelijoilla. Hyppyjen kontaktiajoissa ei ollut eroja. Hyppelytestissä hypättiin seitsemän kevennyshypyn sarja kolmesti siten, että kevennys ja kontaktiaika hyppyissä olivat pienet. Koehenkilöt hyppäsivät lisäksi kolme spagaatiharppaushyppyä erilaisilla tekniikoilla: normaali spagaatiharppaus sekä spagaatiharppaus rengashyppynä ja taivutuksella. Selkeitä eroja ei löydetty spagaatiharppojen kontakti- tai lentoajoissa eri voimistelijoiden välillä. Yhteyttä ei myöskään löydetty kevennyshypyn ja harppauksien lentokorkeuksien välillä. Hyppelytestin kontaktiajalla oli vahvin korrelaatio kontaktiaikaan harppauksissa. Myös hyppelytestin lentokorkeudella oli vahva yhteys spagaatiharppaukseen rengashyppynä sekä selän taivutuksella. (Di Cagno ym. 2008.)

Dyhre-Poulsen tutkivat (1987) 14 rytmisen voimistelijan harppaushyppyä ja kevennyshyppyä. Voimistelijat olivat iältään 14-21 vuotta. Tutkimuksessa harppausten keskimääräinen nousukorkeus oli 32,7 cm ja kevennyshyppyjen 28,1 cm. Nousukorkeuksilla oli yhteyttä

toisiinsa, mutta nousukorkeuksilla ei ollut yhteyttä voimistelijoiden menestymiseen. Voimistelijan pituudella tai painolla ei myöskään ollut yhteyttä harppauksen nousukorkeuteen. Toisin kuin hypyt arvioinut tuomari totesi, parhaimmin menestyneet voimistelijat eivät hyppäneet korkeammalle kuin heikommin menestyneet voimistelijat. Ponnistuksen polvikulma tutkimuksen voimistelijoiden oli keskimäärin 145 astetta. Vain kahdeksan voimistelijaa astui ponnistusaskeleen varpaat edellä. Tutkimuksessa osoitettiin, että hyvät hyppääjät saavuttavat spagaatiasennon ilmalennossa nopeammin kuin huonommat hyppääjät. Tämä aiheutti illuusion korkeammasta hypystä, vaikka tosiasiallisesti hypyt eivät olleet yhtään korkeampia kuin muillakaan koehenkilöillä. (Dyhre-Poulsen 1987.)

2.3 Nopeus

Joukkuevoimistelussa vaaditut nopeuden lajit ovat reaktionopeus, räjähtävä nopeus, liikkeenopeus sekä ketteryys. Taitoa ja tahdonvoimaa vaaditaan nopeuden harjoittamisessa. Lajissa reaktionopeutta tarvitaan esimerkiksi virheen sattuessa välineohjelmissä, kun karannut väline täytyy saada nopeasti kiinni. Räjähtävää nopeutta tarvitaan esimerkiksi hypyissä, joissa nopea ponnistus on tärkeä muun muassa hypyn selkeän lentoajan takia. Voimistelijan liikkeenopeutta ja ketteryyttä kehittäminen joukkuevoimistelussa on oleellista, jotta voimistelija pystyy tekemään esimerkiksi kuperkeikan välineen heiton aikana. (Rönkkö 2006.) Rytmisessä kilpavoimistelussa nopeutta ja ketteryyttä tarvitaan esimerkiksi erilaisiin kierähdyksiin, pyrähdyksiin ja pyörintöihin (Kantola & Tuominen 1989, 312).

2.4 Liikkuvuus

Monissa joukkuevoimistelun hypyissä ja tasapainoissa vaaditaan jalkojen avaamista 180 asteeseen. Myös hypyn tai tasapainon aikana tehtävien vartalonliikkeiden liikelaaajuudet on määritetty. (Svoli 2007, 16.) Yleisesti rytmisessä voimistelussa vaaditaan suurta liikkuvuutta ja voimaa sekä niiden hyvää kehittymistä. Liikkuvuuden ja voiman kehitys voi auttaa voimistelijaa esiintymään taitavammin muun muassa korkeampien ja pidempien hyppyjen kautta. Fyysinen harjoittelu kehittää ja ylläpitää voimistelijan fyysisiä ominaisuuksia, jotka ovat hyvin tärkeitä onnistuneen teknisen suorituksen aikaansaamiseksi rytmisessä voimiste-

lussa. Liikkuvuuden kehittymisen tulisi vastata sitä voimaa, joka tarvitaan niveliin. Esimerkiksi jalan heittoon hypyn aikana urheilija tarvitsee suuren määrän voimaa, mutta liikkeen toistamiseen 3-4 tunnin pituisissa säännöllisissä harjoituksissa vaaditaan lihaskestävyyttä. Tämän vuoksi voimistelijan voiman ja liikkuvuuden kehittäminen ovat suurimmat menestykseen vaikuttavat tekijät. (Douda ym. 2008.)

Alexanderin (1989) tutkimuksessa todettiin, että tavallisilla ihmisillä on selkeästi heikompi liikkuvuus kuin rytmisillä huippuvoimisteliijoilla. Parhaimmilla voimisteliijoilla oli hiukan parempi liikkuvuus kuin muilla voimisteliijoilla. Paremman liikkuvuuden todettiin myös antavan mahdollisuuden suorittaa lajissa taitavampia liikkeitä.

2.5 Kestävyys

Joukkuevoimisteluohjelma suoritetaan maksimikestävyysalueella. Rönkkö (2006) totesi tutkimuksessaan, että ohjelman jälkeen mitattu syke oli lähellä maksimia. Tutkimuksen voimistelijoiden syke nousi yli aerobisen kynnyksen ennen ohjelman ensimmäisen minuutin täyttymistä sekä jo noin 1,5 minuuttia ohjelman alkamisen jälkeen yli anaerobisen kynnyksen. Sykkeen nousu oli melko suoraviivaista nousten nopeasti suorituksen vaatimalle tasolle. Vaikka voimistelijat olivat kahdesta eri joukkueesta ja suorittivat eri ohjelmat, niin sykkeet käyttäytyivät silti hyvin samankaltaisesti. Näiden ohjelmien perusteella ohjelman rakenteella ei siis ole merkitystä fysiologiseen kuormittavuuteen. Joukkuevoimisteluohjelmien rauhallisemmat kohdat olivat ehkä niin lyhyitä, ettei syke ehtinyt laskea niiden aikana. Myös ohjelman jälkeen mitattu laktaatti oli korkea, mikä kertoo anaerobisesta energiantuotosta. (Rönkkö 2006.)

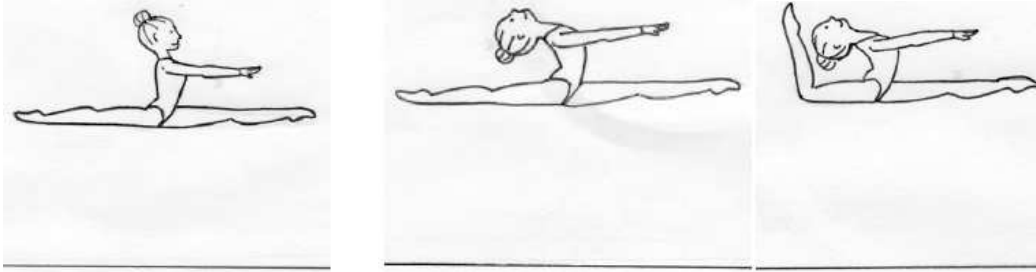
Maksimaalinen hapenottookyky ei ollut Alexanderin (1989) tutkimuksessa menestyneimmillä rytmisillä voimisteliijoilla korkein verrattuna heikommin menestyneisiin. Maksimaalisen hapenottokyvyn keskiarvo tutkimuksessa mukana olleilla kanadalaisilla huippuvoimisteliijoilla oli 50,4 ml/kg/min. Tutkimuksessa todettiin lisäksi, etteivät anaerobinen kapasiteetti ja teho vaikuttaneet lajissa menestymiseen.

3 JOUKKUEVOIMISTELUN HYPYT

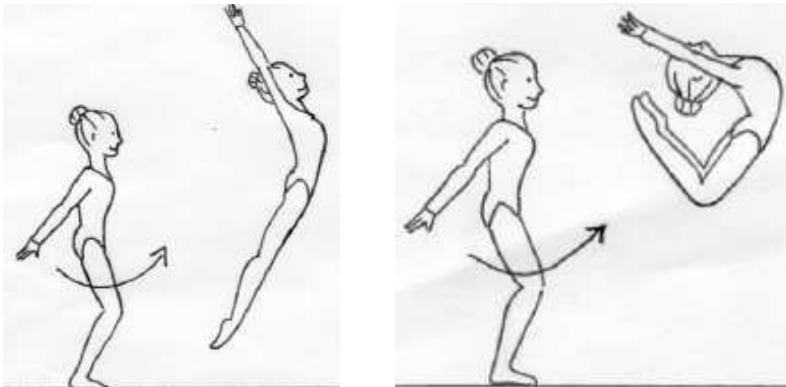
Joukkuevoimisteluhypyn tulee olla ponnistuksen, ilmalennon ja alastulon kokonaisuus. Ponnistus alkaa polvien tai polven plié:stä, jonka jälkeen jalka, polvi ja nilkka ojentuvat todella nopeasti. (IFAGG 2006, 18.) Joukkuevoimisteluohjelman kaikkien hyppyjen tulee olla muodoltaan selkeitä ja muodon hyvin havaittavissa hypyn ilmalennon aikana. Hypyssä tulee olla nähtävissä riittävä laajuus sekä muodossa että korkeudessa. Vartalon kannatuksen tulee olla hyvä ja hallittu sekä hypyn aikana että ennen ja jälkeen hypyn. Hypyn alastulon tulee myös olla kevyt ja pehmeä. (IFAGG 2005, 8.)

3.1 Lajin hyppyvaatimukset

Joukkuevoimisteluohjelmassa yli 14-vuotiaiden sarjoissa tulee olla vähintään kaksi erilaista hypyä sekä yksi hyppysarja, joka koostuu vähintään kahdesta erilaisesta hypystä. Hyppysarjan hyppyjen välissä saa olla enintään yksi askel. Mikäli jälkimmäinen hyppy on tasa-ponnisteinen, ei askelta hyppyjen välissä saa ottaa. Joukkuevoimistelun hypyt yli 14-vuotiaiden sarjoissa jaetaan A- ja B- hyppyihin niiden vaikeustason mukaan B-hyppyjen ollessa vaativampia kuin A-hypyt (kuvat 1 ja 2). Kaikki hypyt, jotka kääntyvät tai pyöriävät hypyn ilmalennon aikana vähintään 180 astetta luetaan B- hypyiksi paitsi polvennostohyppy, varsa-hyppy ja tasahyppy, joiden tulee kääntyä vähintään 360 astetta. B- hypyiksi luokitellaan myös hypyt, joissa suoritetaan ilmalennon aikana voimakas vartalonliike, kuten esimerkiksi taivutus tai koonto. Hyppysarja puolestaan luokitellaan A-, C- tai D- sarjaksi eri hyppyjen vaikeustason mukaan siten, että A- sarja muodostuu kahdesta A- hypystä, C- sarja yhdestä A- hypystä ja yhdestä B- hypystä sekä D- sarja kahdesta B- hypystä. (IFAGG 2005, 8.)



KUVA 1. A-hyppy: harppaushyppy sekä B- hyppy: harppaus taaksetaivutuksella ja rengasharppaus (IFAGG 2005, 12.)

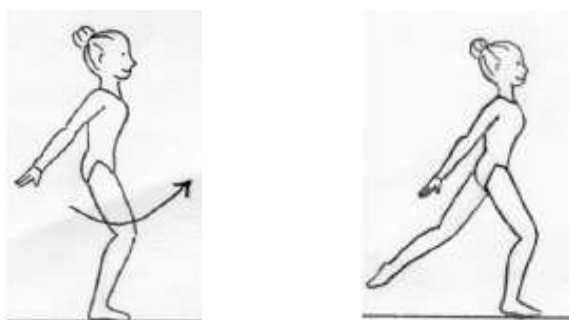


KUVA 2. A- hyppy: jännehyppy sekä B- hyppy: rengashyppy (IFAGG 2005, 11.)

Vartalonliikkeisiin, joita suoritetaan hypyn aikana, on määritelty tietyt liikelaajuudet. Hypyn eteentaivutuksen on oltava laajuudeltaan niin suuri, että selkä pyöristyy ja rintakehä sekä yläselkä taipuvat lantion yläpuolelle. Taaksetaivutuksessa pääläen tulee olla lantiolinjalla ja hartiat tasossa. Rintakehän tulee taipua vähintään 80 astetta pystylinjasta, mutta taivutuksen ei tarvitse olla koko selästä. Taaksetaivutuksessa riittää siis, että vain yläselkä taipuu. Hypyn aikaisessa vartalon sivutaivutuksessa vastakkaisen olkanivelen tulee olla lantion kanssa samalla pystylinjalla eli oikealle taivutettaessa vasen olkanivel taipuu oikean lonkan kanssa samalle linjalle. Mikäli hypyn aikana tehdään vatsalihasten koonto, tulee koko selän pyöristyä lantion ja olkalinjan takapuolelle. Vartalon kallistuksen tulee hypyn aikana olla laajuudeltaan 45 astetta sekä vartalon kierron 75 astetta lantion linjasta olkapäiden ollessa samassa linjassa. (Svoli 2007, 16.)

Dyhre-Poulsen tutkimuksessa (1987) todetaan, että rytmisessä voimistelussa hyppy arvioidaan kansainvälisesti hypyn korkeuden, vartalon asennon ilmalennon aikana, ponnistuksen, alastulon sekä eläytymisen mukaan.

Hyppyjen ponnistukset. Joukkuevoimisteluohjelman vaikeusosien monipuolisuuden vaikuttaa muun muassa käytetyt tekniikat hyppyissä eli esimerkiksi erilaiset ponnistukset. (IFAGG 2005, 16.) Kuvassa 3 on esitetty tasaponnistus, jota käytetään esimerkiksi rengashyppyjen ponnistuksessa sekä yhden jalan ponnistus liikkeestä, jota käytetään esimerkiksi harppauksen ponnistuksessa.



KUVA 3. Tasaponnistus ja yhden jalan ponnistus liikkeestä (IFAGG 2005, 9.)

Dyhre-Poulsen (1987) tutkimuksessa rytmiset voimistelijat hyppäsivät harppaushypyn yhden jalan ponnistuksesta. Ponnistuksessa voimistelijat saivat käyttää parempaa jalkaansa. Ponnistusaskelen todettiin olevan hyvin tärkeä osa hyppyä, sillä se määrää hypyn korkeuden ja mahdollistaa vartalon asennon muutokset hypyn aikana. Ennen ponnistavaa askelta koehenkilöt ottivat kolme juoksuaskelta, jossa voimistelijoiden tuli astua varpaat edellä nilkat ojentuen.

3.2 Hyppyjen liikeanalyysi

Cicchella (2009) analysoi 16-vuotiaan Espanjan kansallisella tasolla rytmisessä kilpailevan tytön hyppyä kuuden kameran ja tietokoneohjelma Vicon Workstation (versio 4.1) avulla. Näytteenottotaajuus oli 100 Hz. Koehenkilö suoritti kymmenen yritystä neljästä eri hypystä

paljain jaloin kumilattialla. Analysoitavat hyppy olivat harppaushyppy, kasakka, kääntyvä kasakka ja kääntyvä saksihyppy. Analysointia varten koehenkilölle kiinnitettiin 37 markeria. Markerien liikkeet analysoitiin tietokoneella ja hypyistä piirrettiin tikku-ukkomalli. Mallin piirtämisessä käytettiin apuna nivelten pyörimisakselipisteiden määrittystä aiemmin tehtyjen antropometrinen mittauksen avulla. Hyppy analysoitiin pilkkomalla ne neljään osaan: hypyn pituus, polven maksimaalinen ponnistuskulma, ponnistusaika ja lentoaika. Tutkimuksen voimistelijalla hypyn pituus kaikissa hypyissä todettiin olevan vähiten vakaa muuttuja, kun taas lentoaika oli vakain. Kasakan lentoaika oli selkeästi suurempi kuin harppauksessa ja saksihypyssä. Lentoajan pitenemiseen eri hypyissä vaikutti ehkä voimistelijan strategia lyhentää hypyn kestoa lentovaiheessa. Korrelaatiot eri hypyjen kinematiikassa osoittavat ponnistusajan ja hypyn pituuden vaikutukset lentoaikoihin. Lentoajat pysyvät vakiona siitä huolimatta, että ponnistusajoissa ja hypyjen pituuksissa oli suuri vaihtelevuus. (Cicchella 2009.)

Wilson ym. (2004) puolestaan tutkivat 3D-liikeanalyysin avulla klassisen baletin Rond de Jambe en l'air – liikettä. Tutkimuksessa kokeneet ja aloittelevat tanssijat tekivät kolme suoritusta vaaditusta liikkeestä ja ne kuvattiin kuudella digitaalisella videokameralla. Liike tuli suorittaa siten, että liikkuvan jalan sekä toisen jalan ja ylävartalon välinen kulma oli 90 astetta. Onnistuneeksi suoritukseksi laskettiin sujuva suoritus, jossa ei menetetty tasapainoa. Markereita koehenkilöille laitettiin 11. Kameroiden kalibroinnissa ja 3D-kuvan luomisessa käytettiin Direct Linear Transformation algoritmiä. Analysointiohjelman avulla määritettiin kaikki liikkeestä tarkasteltavat kulmat ja niiden muutokset. Merkittävimmät erot taitavien ja aloittelevien tanssijoiden välillä saatiin liikkuvan jalan pystysuuntaisessa kulman muutoksessa liikkeen aikana. Taitavilla kulma pysyi 90 asteessa koko liikkeen ajan, kun taas aloittelevilla kulma oli alle 90. Pienin kulma jalkojen välillä kummallakin ryhmällä oli silloin, kun jalkaa vietiin sivulta taa. Kokeneilla kulma oli kuitenkin suurempi kuin aloittelevilla. Ylävartalon liikkeessä ei huomattu merkittäviä eroja ryhmien sisällä. (Wilson ym. 2004.)

3.3 Harjoittelu

Hutchinson ym. (1998) tutkivat kontrolloidun hyppyharjoittelukuukauden vaikutusta rytmisten voimistelijoiden hyppyominaisuuksiin. Harjoitusohjelmaan kuului hyppyharjoituksia vedessä yhden tunnin ajan kahdesti viikossa sekä pilatesta kahdesti viikossa. Hyppymittauksina käytettiin neljän vertikaalihypyn sarjaa kolmesti, josta mitattiin kontaktiaikaa lattiasta, jalkojen räjähtävää voimaa ja keskimääräistä hyppykorkeutta. Kaikkien niiden voimistelijoiden, jotka olivat mukana harjoitusohjelmassa, hyppykorkeus ja kontaktiaika parani. Myös räjähtävä voima parani hieman hyppyharjoittelun tehneillä urheilijoilla. Tutkimuksessa todettiin myös, että hyppyominaisuudet pysyivät melko lailla yhtä hyvinä neljän kuukauden ja vuoden jälkeen, vaikka varsinainen hyppyharjoittelu loppuikin. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että eliittiin kuuluvat rytmisen voimistelijat voivat parantaa hyppyominaisuuksiaan tietyn intensiivisen hyppytreenin avulla. (Hutchinson ym. 1998.)

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tutkimuksen päätarkoituksena on tehdä 2D-liikeanalyysi joukkuevoimistelun harppaushypystä sekä kahden jalan rengashypystä. Harppaushypyssä vaadittua liikkuvuutta on tarkoitus myös verrata passiivisesti tehdyn spagaatin liikkuvuuteen. Hypyt testattiin lajin parhaimmiston kuuluvilta voimistelijoilta, jotka kilpailivat lajissa Suomen ja maailman huijulla.

Erityisesti halutaan selvittää

- 1) Kuinka korkealle ja minkälaisella tekniikalla parhaimmiston kuuluvat joukkuevoimistelijat hyppäävät eri hypyt?
- 2) Onko lattialla mitatun spagaatin passiivisella liikkuvuudella yhteys aktiiviseen liikkuvuuteen spagaatiharppauksessa?

Hypoteesit:

Harppaushyppy:

Massakeskipiste nousee hypyn aikana selvästi lähtötasosta. Ponnistusaika hypyssä on nopea, lantio suorassa eteenpäin ja ylävartalo pystyssä pystyakseksiin nähden. Hypyssä nilkat ja polvet ojentuvat maksimaalisesti.

Mitä parempi mitattu passiivinen liikkuvuus lattialla sitä parempi aktiivinen liikkuvuus harppauksessa eli sitä paremmin jalat aukeavat spagaatiin tai ylispagaatiin hypyssä.

Rengashyppy:

Massakeskipiste nousee hypyn aikana selvästi lähtötasosta. Ponnistusaika hypyssä on lyhyt. Taivutus tulee lähinnä yläselästä. Hypyssä ja ponnistuksessa nilkat ojentuvat maksimaalisesti.

6 MENETELMÄT

Tutkimus oli poikittaistutkimus, joka toteutettiin Henni Takalan kandidaatintutkielman kanssa yhtä aikaa ja samoilla koehenkilöillä.

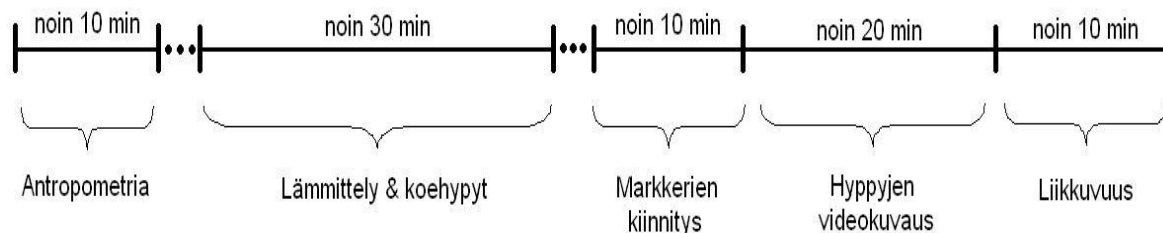
6.1 Koehenkilöt / joukkueet

Tutkimukseen osallistui 17 joukkuevoimistelijaa, joiden keskiarvoikä \pm keskihajonta oli 17 ± 2 vuotta, pituus $165,5 \pm 5,1$ cm, jalan pituus $85,1 \pm 3,4$ cm, paino $57,0 \pm 5,1$ kg ja rasvaprosentti $24,6 \pm 3,2$ %. Koehenkilöistä yhdeksän kuului joukkueeseen (joukkue 1), joka kilpailee keväällä 2010 14–16-vuotiaiden SM-sarjassa. Kahdeksan koehenkilöä kuului puolestaan keväällä 2010 naistensarjassa kilpailevaan joukkueeseen (joukkue 2). Joukkue on voittanut muun muassa välinesarjojen Suomen mestaruuden syksyllä 2009 joukkuevoimistelun yli 16-vuotiaiden sarjassa.

6.2 Protokolla

Tutkimuksen mittaukset suoritettiin tammikuussa 2010 kolmena peräkkäisenä päivänä siten, että ensimmäisenä päivänä mittauksiin osallistui kuusi koehenkilöä, toisena kuusi ja kolmantena viisi. Koehenkilöt mitattiin vuorotellen ja mittausprotokolla (kuva 5) yhdellä koehenkilöllä kesti noin kaksi tuntia. Aluksi koehenkilöltä mitattiin antropometriset muuttajat eli pituus, jalan pituus, paino ja rasvaprosentti. Henni Takala kiinnitti EMG-elektrodit ennen koehenkilön omaa vapaavalintaista lämmittelyä, joka sai kestää korkeintaan 25 minuuttia. Lämmittelyn jälkeen koehenkilö suoritti koehyppy testattavista hypyistä. Koehenkilöt saivat kokeilla jokaista hyppyä kolmesti eli suorittaa kolme harppaushyppyä sekä kolme rengashyppyä jalat yhdessä ja auki. Tämän jälkeen Henni Takala jatkoi EMG-elektrodien kiinnittämistä sekä mittasi koehenkilöiltä maksimivoimat omaan tutkimukseensa. Ennen virallisia videoitavia hyppyä koehenkilöille kiinnitettiin markkerit. Markkerien kiinnittämisen jälkeen suoritettiin viralliset hyppy, jotka videokuvattiin. Hypätyistä hypyistä valittiin yksi harppaushyppy sekä yksi rengashyppy jalat yhdessä ja auki koehenkilön omien tunte-

musten sekä laitteiden toimivuuden ja kuvauksen onnistumisen perusteella. Tavoitteena oli valita hyppy, jotka onnistuivat parhaiten kaikin puolin. Lopuksi koehenkilöille tehtiin liikkuuustestit, joihin kuuluivat oikean jalan spagaatin yliliikkuvuus sekä selän taaksetaivutus.



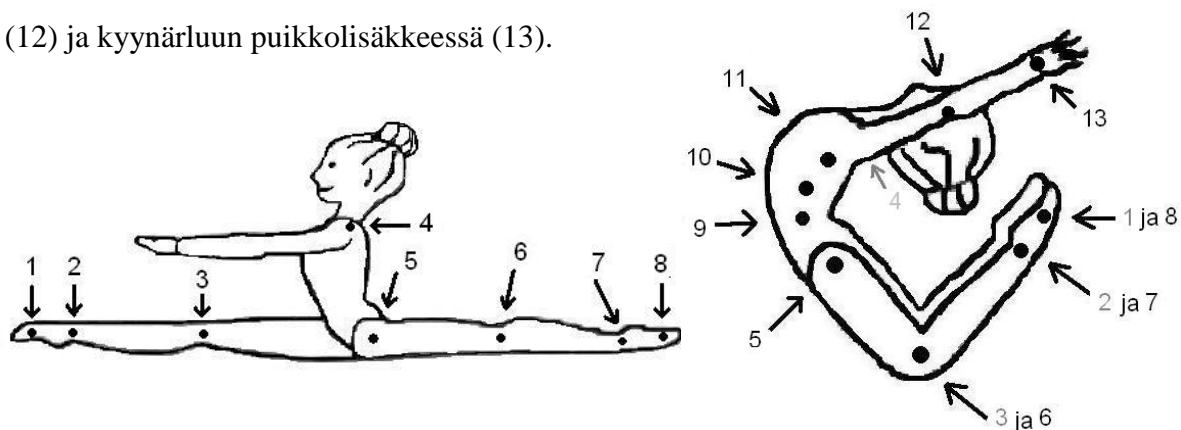
KUVA 5. Mittausprotokolla

6.3 Mittaukset

Jalan pituus mitattiin oikean jalan reisiluun sarvennoisesta lattiaan. Painon mittaamisessa käytettiin digitaalista Tefal Contour Sensitive Computer vaakaa (Groupe SEB, Ranska), jonka maksimikapasiteetti oli 130 kg ja tarkkuus 100 g. Ihopoimiumittauksella määritettiin koehenkilön rasvaprosentti. Mittauksessa käytettiin neljän pisteen menetelmää, jossa ihopoimun paksuus mitattiin olkavarren ojentajasta, hauislihaksesta, lavalanuksesta ja suoliunharjanteesta. Saatuja tuloksia verrattiin naisurheilijoiden taulukkoon (Durnin & Rahman 1967).

Koehenkilöillä oli mustat vaatteet, joihin kiinnitettiin valoa heijastavat noin kaksi senttimetriä halkaisijaltaan olevat markkerit. Kaikki markkerit olivat vaatteissa kiinni teipillä. Harppaushypyssä markkereita oli koehenkilössä kiinni kahdeksan ja rengashypyissä kolmeitoista. Harppaushypyssä ja rengashypyissä markkerit oli kiinnitetty kuvassa 6 merkittyihin kohtiin eli oikeassa jalassa ensimmäisen varvasluun mediaalipuolelle (1), sisäkehräkseen (2) ja reisiluun sisäsivunastaan (3) sekä vasemmassa jalassa reisiluun isoon sarvennoiseen (5), reisiluun ulkosivunastaan (6), ulkokehräkseen (7) ja vasemman jalan viidennen varvasluun lateraalipuolelle (8). Kaikkien hyppyjen aikana markkeri oli lisäksi kiinnitetty vasempaan suureen olkakyhmyyn (4). Rengashypyissä markkereita oli lisäksi kiinnitetty vasem-

paan kylkeen suoliluun harjuun (9), alimpaan kylkiluuhun (10) ja puoliväliin markerista 10 ja kainalosta (11) kainalolinjassa. Vasemmassa kädessä markkeri oli kyynärlisäkkeessä (12) ja kyynärluun puikkolisäkkeessä (13).



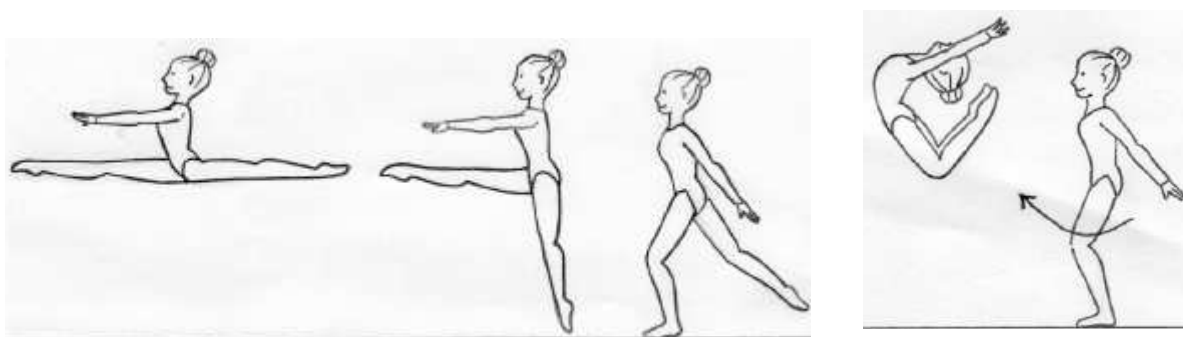
KUVA 6. Harppaushypyn ja rengashyppyjen markkerien paikat. Harmaalla merkityt markkerit eivät näy kuvassa.

Hyppyjen videokuvauksessa käytettiin Fastec InLine-kameraa (Fastec Imaging Corporation, Yhdysvallat) Harppaushyppy kuvattiin kahdella kameralla siten, että toinen kamera kuvasi hypyn vauhdinottoa ja ponnistusta ja toinen hypyn ilmalentoa ja alastuloa. Kamerat oli sijoitettu vierekkäin siten, että ne kuvasivat kohtisuoraan sivusta hyppysuoritusta. Koehenkilöt hyppäsivät hypyt vasen kylki kameroihin päin. Rengashyppy kuvattiin yhdellä kameralla. Kuvanopeutena käytettiin 125 kuvaa / sek. Suljinnopeus oli 1 / 500 sek ja resoluutio 640 x 480. Kuvatuista hypyistä tehtiin liikeanalyysi Vicon Motus 9.2 (Vicon, Iso-Britannia) - tietokoneohjelman avulla. Kalibroinnissa käytettiin neliön muotoista kehikkoa, jonka sivun pituus oli 197 senttimetriä.

Oikean jalan spagaatin yliliikkuvuus mitattiin korokkeelta, jonka korkeutta pystyttiin säätämään kahden senttimetrin välein. Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin suurin korkeus, josta spagaati meni pohjaan eli oikean jalan istuinkyhmy osui lattiaan jalkojen ollessa puhtaassa asennossa. Oikean kantapään tuli olla korokkeen päällä. Lisäksi selän suurin taaksetaivutus sillassa videokuvattiin. Ranteet tuli olla kiinni seinässä pään roikkuessa rennosti käsien välissä. Jalkojen tuli olla mahdollisimman yhdessä ja kantapää lattiassa.

6.2.1 Testattavat hyppy

Harppaushyppy (kuva 7) suoritettiin juoksuvauhdin kanssa siten, että oikea jalka oli ilmas-
sa edessä. Vauhdissa juoksuaskelia oli kolme sekä ponnistusaskel vasemmalla jalalla. Käsi-
en asentoa ei vauhdinotossa määritetty, mutta hypyn ilmalennon aikana niiden tuli olla
vaakatasossa. Alastuloa ei määritetty. Kahden jalan rengashypyissä (kuva 7) tasaponnistus-
ta edeltävä askel tuli suorittaa oikealla jalalla. Ilmalennossa kädet piti viedä ylös mahdolli-
simman suorana vartalon jatkeeksi. Toisessa rengashypyssä jalkojen tuli olla yhdessä ja
toisessa ne saivat olla vapaasti auki.

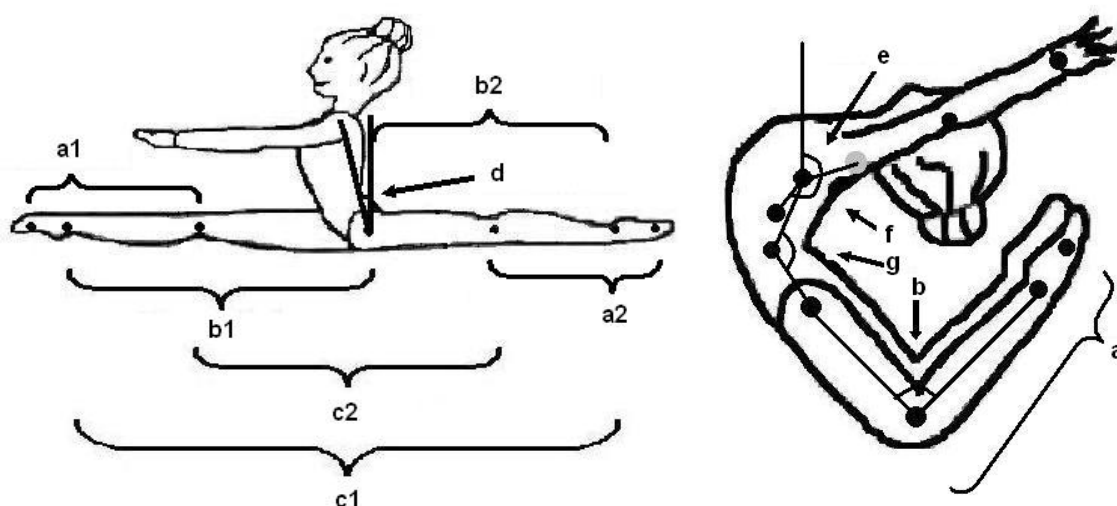


KUVA 7. Harppaushyppy ja kahden jalan rengashyppy.

6.2.3 Analysoitavat muuttujat

Jokaisen koehenkilön harppaushypystä analysoitiin hypyn pituus ja lentoaika eli pituus ja
aika vasemman jalan varpaiden irtoamisesta maasta ponnistuksessa oikean jalan varpaiden
osumiseen maahan alastulossa. Massakeskipisteen muutoksen (De Leva 1996.) mukaan
laskettiin hypyn nousukorkeus. Markkerien avulla määritettiin lisäksi nivelkulmia (kuva 8).
Harppauksesta määritettiin polvi-, nilkka- ja vartalokulmat. Vartalokulma määritettiin akse-
lin iso sarvennoinen – suuri olkakyhmy ja Y- akselin välisen kulman mukaan. Harppauksen
lantiokulma 1 eli sisäkehräs - iso sarvennoinen – ulkokehräs sekä lantiokulma 2 eli reisi-
luun sisäisivunasta - iso sarvennoinen - reisi- luun ulkosivunasta määritettiin. Lantiokulman 1
suuruutta verrattiin spagaatin yliliikkuvuuteen. Rengashypyistä analysoitiin hypyn pituus,
lentoaika, nousukorkeus sekä polvi- ja nilkkakulmat samoin kuin harppauksesta. Lisäksi
määritettiin yläselän taivutuskulma eli alin kylkiluu kainalolinjassa – puoliväli alimmasta
kylkiluusta ja kainalosta – suuri olkakyhmy sekä koko selän taivutuskulma eli iso sarven-

noinen – suoliluun harju - puoliväli alimmasta kylkiluusta ja kainalosta. Lisäksi rintakehän taipumiskulma määritettiin akselin puoliväli alimmasta kylkiluusta ja kainalosta – suuri olkakyhmy ja Y-akselin välisen kulman mukaan. Vartalokulman, yläselän taivutuskulman ja koko selän taivutuskulman suuruutta verrattiin sillasta määritettyihin vastaavien kulmien suuruuksiin.



KUVA 8. Harppauksesta ja rengashypyistä määritetyt kulmat. Kulma a tarkoittaa nilkkakulmia (a1= oikea, a2 = vasen), b polvikulmia (b1 = oikea, b2 = vasen), c lantiokulmia (c1 = lantiokulma 1, c2 = lantiokulma 2), d vartalokulmaa, e rintakehän taipumiskulmaa, f yläselän taivutuskulmaa ja g koko selän taivutuskulmaa.

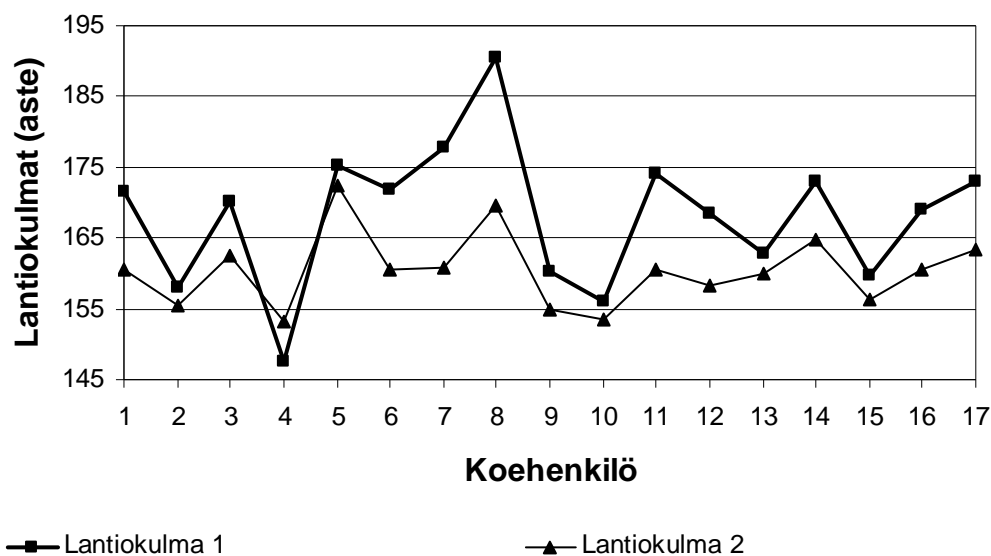
Analysoituja muuttujia vertailtiin joukkueittain ja eri ryhmien välillä. Harppaushypyt jaettiin kolmeen ryhmään ensimmäisen lantiokulman suuruuden mukaan siten, että ensimmäisessä ryhmässä (n = 6) oli suurimman kulman saavuttaneet voimistelijat, toisessa ryhmässä (n = 5) keskitasoisien suuruisen kulman saavuttaneet voimistelijat ja kolmannessa ryhmässä (n = 6) pienimmän ensimmäisen lantiokulman saavuttaneet voimistelijat. Rengashypyt puolestaan jaettiin kolmeen ryhmään hypyn koko selän taivutuskulman mukaan siten, että pienimmän kulman hypyn aikana saavuttaneet voimistelijat kuuluivat ryhmään yksi (n = 5). Ryhmään kaksi (n = 6) kuuluivat keskitasoisien suuruisen kulman saavuttaneet voimistelijat ja ryhmään kolme (n = 6) suurimman koko selän taivutuskulman hypyn aikana saavuttaneet voimistelijat. Ryhmät jaettiin siten, että jokaisessa ryhmässä oli suurin piirtein yhtä monta voimistelijaa.

Tilastolliset analyysit. Tulosten tilastolliset analyysit suoritettiin Microsoft Excel 2002 (Microsoft Corporation, Yhdysvallat) ja SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) (SPSS Inc., Yhdysvallat) tietokoneohjelmilla. Tilastollisissa analyyseissa käytettiin Pearsonin korrelaatiota, t-testiä ja yksisuuntaista ANOVA:aa. Tilastollisen merkitsevyyden raja tässä tutkimuksessa oli alle 0,05.

7 TULOKSET

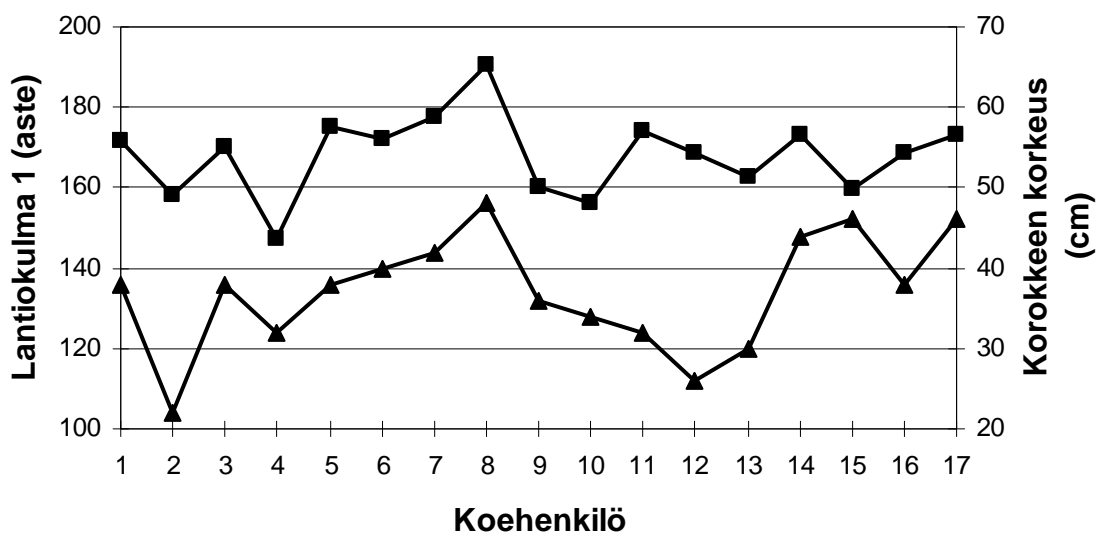
7.1 Harppaushyppy

Harppauksen lantiokulma 1 eli kulma nilkkojen ja lantion välillä ilmalennon aikana, jossa jalat aukesivat eniten, oli tutkimuksen voimistelijoilla keskimäärin 168 ± 10 astetta. Vastaavasti lantiokulma 2 eli kulma polvien ja lantion välillä jalkojen suurimpaan avauksen hetkellä ilmalennossa oli keskimäärin 160 ± 5 astetta. Lantiokulmat 1 ja 2 korreloivat merkittävästi keskenään ($r=0,84$, $p=0,000$). Kuvassa 9 on vertailu lantiokulmia eri koehenkilöillä.



KUVA 9. Lantiokulmien 1 ja 2 vertailu eri koehenkilöillä.

Korokkeen korkeus, josta mitattiin matka lattiaan spagaatin ollessa pohjassa, oli keskimäärin $37,3 \pm 5,6$ cm. Kuvassa 10 on vertailtu lantiokulma 1:n ja korokkeen korkeuden eroja eri koehenkilöillä. Harppauksen ensimmäisellä lantiokulmalla oli merkittävä yhteys spagaatin korokkeen korkeuteen ($r=0,54$, $p=0,024$) eli aktiivisella liikkuvuudella oli yhteys passiiviseen liikkuvuuteen.



KUVA 10. Harppauksen lantiokulma 1:n ja korokkeen korkeuden, josta spagaati meni pohjaan, vertailu koehenkilöiden välillä. Ylempi viiva kuvaa ensimmäistä lantiokulmaa ja alempi korokkeen korkeutta.

Harppauksen lantiokulma 1:n kanssa merkitsevä käänteinen yhteys oli hypyn massakeskipisteen muutoksesta määritetyllä nousukorkeudella ($r=-0,49$, $p=0,044$) sekä lentoajalla ($r=-0,51$, $p=0,038$). Lisäksi koehenkilön pituuden ja harppauksen lantiokulma 1:n välillä oli merkitsevä yhteys ($r=0,51$, $p=0,038$) eli mitä pidempi voimistelija oli, sitä suurempi oli hänen ensimmäinen lantiokulmansa. Hypyn nousukorkeudella ja lentoajalla oli merkitsevä yhteys ($r=0,87$, $p=0,000$). Harppauksen lantiokulmien saavutusaika vasemman jalan varpaiden irtoamisesta laskien oli keskimäärin $0,22 \pm 0,02$ sekuntia.

Harppauksen suurimpien lantiokulmien hetkellä tutkimuksen voimistelijoiden vasen polvikulma oli keskimäärin 159 ± 7 astetta ja oikea polvikulma 200 ± 17 astetta. Polvikulmat eivät olleet tilastollisesti yhteydessä toisiinsa. Vasemmalla polvikulmalla oli lisäksi merkitsevä käänteinen yhteys harppauksen ensimmäiseen lantiokulmaan ($r=-0,53$, $p=0,028$). Vasemman jalan nilkkakulma oli lantiokulmien hetkellä puolestaan 167 ± 10 astetta ja oikea nilkkakulma 157 ± 9 astetta. Vartalokulma eli ylävartalon asento suhteessa pystyakseliin oli keskimäärin hypyn lantiokulmien hetkellä 22 ± 8 astetta ja pienimmillään koko hypyn ilmalennon aikana 15 ± 8 astetta.

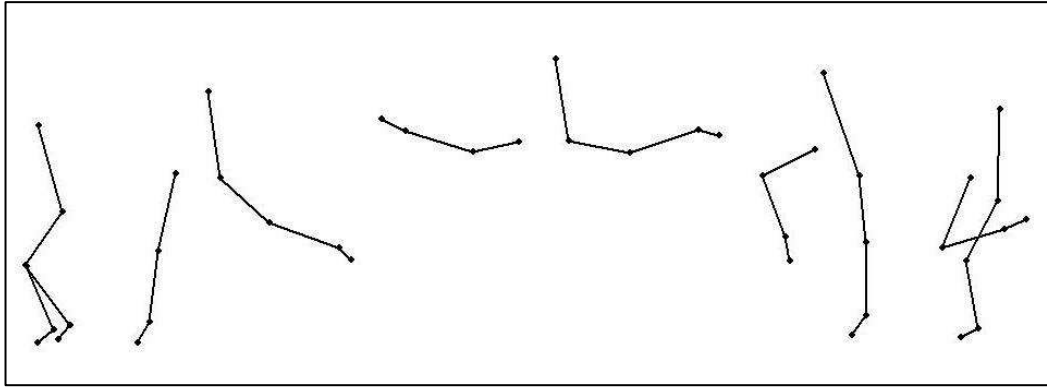
Koehenkilöiden tuloksia harppaushypyssä vertailtiin lisäksi eri ryhmissä ja joukkueittain. Suurimman lantiokulma 1:n harppauksessa saavuttaneet voimistelijat saivat keskimäärin spagaatin korkeammalta pohjaan sekä heidän hypyn nousukorkeutensa, lentoaikansa ja hypyn pituutensa olivat pienempiä kuin pienemmän ensimmäisen lantiokulman saavuttaneilla voimisteliijoilla (Taulukko 1). Ryhmien ja spagaatin korokkeen korkeuden välillä oli Pearsonin korrelaation mukaan merkitsevä käänteinen yhteys ($r=-0,50$, $p=0,040$) eli korkeammalta korokkeelta spagaatin pohjaan saanut voimistelija kuului ryhmään yksi ja vastaavasti pienimmän passiivisen liikkuvuuden spagaatissa omaava voimistelija kuului ryhmään kolme ja hänellä jalat myös aukesivat vähiten hypyssä. Myös ryhmien ja lentoaikojen välillä oli merkitsevä yhteys ($r=0,49$, $p=0,046$). Vartalokulma vaihteli ryhmien välillä satunnaisesti. Muiden muuttujien ja ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä.

TAULUKKO 1. Koehenkilöt oli jaettu harppaushypyn lantiokulman 1 mukaan ryhmiin ja verrattu spagaatin pohjaan meno korkeuksia sekä hypyn nousukorkeuksia, lentoaikoja, pituuksia ja vartalokulmia keskimäärin ryhmien kesken. Koehenkilöt oli jaettu ryhmiin hypyn lantiokulma 1:n mukaan siten, että suurimmat ensimmäiset lantiokulmat saavuttaneet koehenkilöt kuuluivat ryhmään 1. Vastaavasti ryhmään kolme kuuluivat koehenkilöt, joiden lantiokulma 1 hypyssä oli pienin. Merkitsevä ero ryhmien välillä = *.

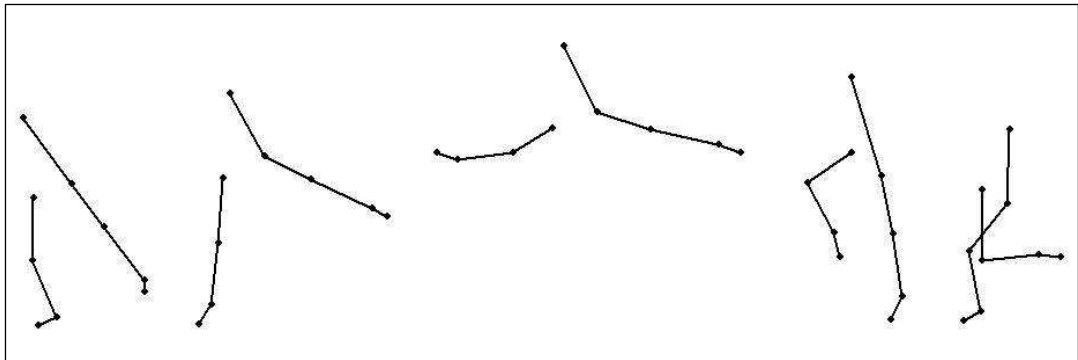
	Hypyn lantiokulma 1 (aste)	Spagaati korokkeelta (cm)	Nousukorkeus (cm)	Lentoaika (s)	Hypyn pituus (m)	Vartalokulma (aste)
Ryhmä 1 (n = 6)	177 ± 7	42 ± 6 *	0,29 ± 0,04	0,46 ± 0,02 *	1,58 ± 0,22	22 ± 10
Ryhmä 2 (n = 5)	170 ± 2	36 ± 6	0,34 ± 0,06	0,50 ± 0,02	1,64 ± 0,26	18 ± 7
Ryhmä 3 (n = 6)	157 ± 5	33 ± 8 *	0,34 ± 0,07	0,50 ± 0,05 *	1,66 ± 0,27	24 ± 5

Suurimman lantiokulma 1:n eli 190 astetta saavutti koehenkilö 8 (kuva 11) ja pienimmän eli 147 astetta koehenkilö 4 (kuva 12). Ylävartalon asennossa eli vartalokulmassa oli näillä koehenkilöillä suurimpien lantiokulmien hetkellä myös suuri ero, sillä koehenkilö 8 vartalokulma oli 8 astetta (mikä oli pienin arvo koko koehenkilöjoukolla) ja koehenkilöllä 4 vastaavasti 24 astetta. Harppauksen ilmalennon lantiokulma 1:n muutosta koehenkilöillä 8 ja 4 on vertailtu kuvassa 14, josta voidaan todeta, että koehenkilö 8 tuli hypystä hieman nope-

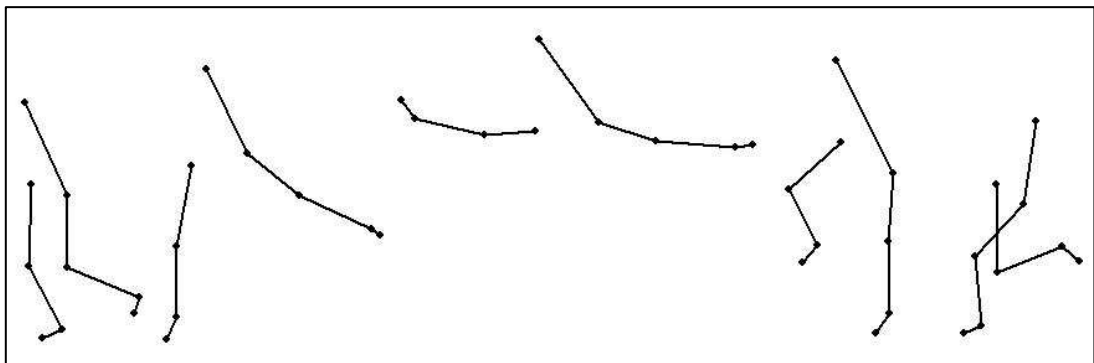
ammin alas kuin koehenkilö 4. Koehenkilön 8 lentoaika oli 0,44 sekuntia ja koehenkilön 4 vastaavasti 0,50 sekuntia. Suurimman lantiokulma 2:n eli polvien ja reisiluun sarvennoisen kautta määritetyn kulman saavutti koehenkilö 5. Kuvassa 13 on esitetty hänen hyppytekniikkansa. Lantiokulma 1:n ja 2:n suuruudet olivat hänellä 175 ja 172 astetta. "



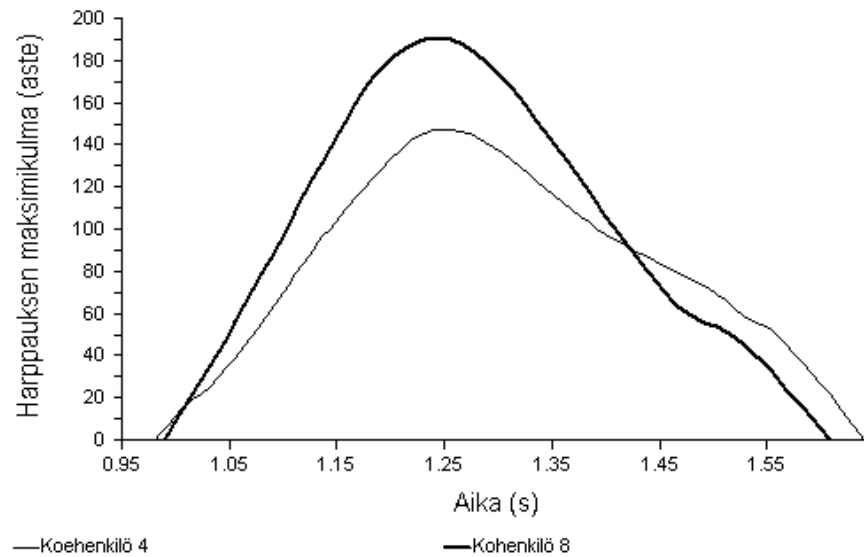
KUVA 11. Koehenkilö 8 harppaushypyn ponnistus, ilmalento ja alastulo. (Kuva ei ole mittakaavassa.)



KUVA 12. Koehenkilö 4 harppaushypyn ponnistus, ilmalento ja alastulo. (Kuva ei ole mittakaavassa.)



KUVA 13. Koehenkilö 5 harppaushypyn ponnistus, ilmalento ja alastulo. (Kuva ei ole mittakaavassa.)



KUVA 14. Harppauksen lantiokulma 1:n muutoksen vertailu koehenkilöillä 8 ja 4.

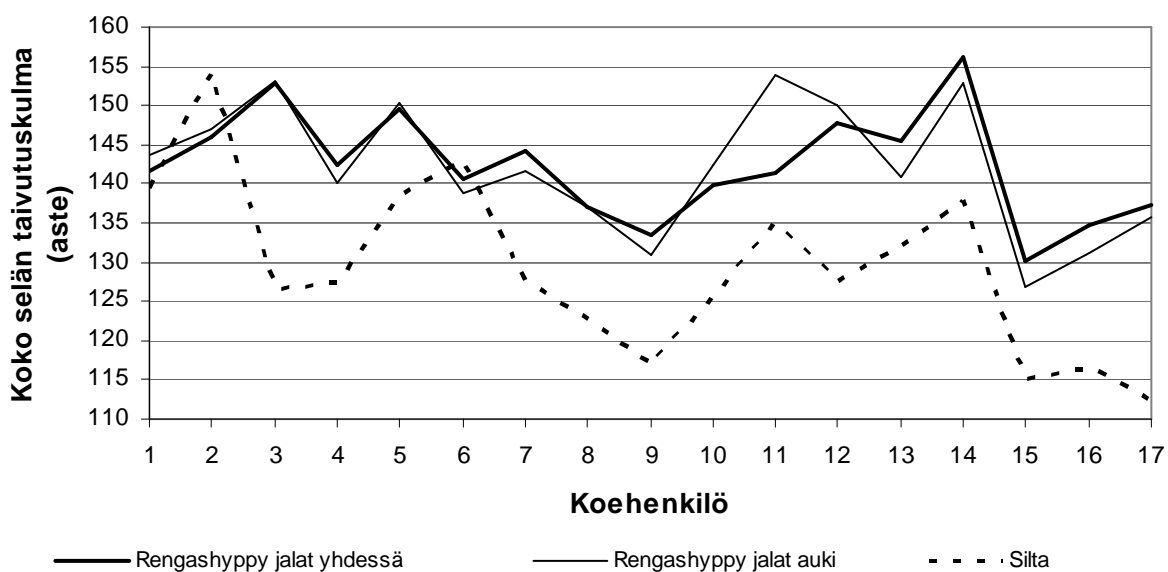
Joukkueittain koehenkilöitä vertailtaessa (Taulukko 2) huomattiin, että nuorempien eli joukkueen yksi voimistelijoilla harppauksen lantiokulma 1 oli suurempi kuin joukkueen kaksi voimistelijoilla. Joukkueen yksi voimistelijat saivat myös ylipagaatin korkeammalta kuin joukkueen kaksi voimistelijat. Joukkueen kaksi voimistelijat puolestaan hyppäsivät korkeammalle ja heidän lentoaikansa oli pidempi kuin joukkueen yksi voimistelijoilla. Joukkueen kaksi voimistelijoiden harppaukset olivat myös keskimäärin pidempiä kuin joukkueen yksi voimistelijoiden. Joukkueen yksi voimistelijoiden vartalokulma oli pienempi kuin joukkueen kaksi voimistelijoilla. Saadut tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

TAULUKKO 2. Harppausten tulosten vertailu joukkueittain.

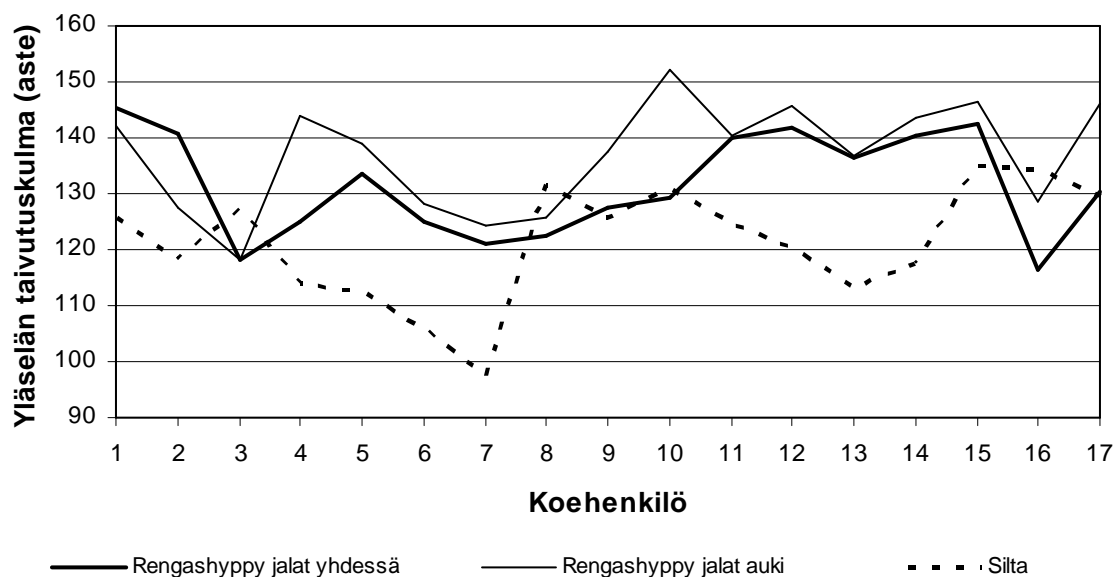
	Hypyn lantiokulma 1 (aste)	Spagaati korokkeelta (cm)	Nousukorkeus (cm)	Lentoaika (s)	Hypyn pituus (m)	Vartalokulma (aste)
Joukkue 1 (n = 9)	171 ± 12	40 ± 5	0,31 ± 0,05	0,48 ± 0,03	1,54 ± 0,20	20 ± 9
Joukkue 2 (n = 8)	165 ± 7	34 ± 8	0,33 ± 0,06	0,50 ± 0,05	1,72 ± 0,24	24 ± 5

7.2 Rengashyppy

Rengashyppyssä selän taivutus on sitä suurempi mitä pienempi on mitattu kulma. Rengashypyn jalat yhdessä koko selän taivutuskulma (kuva 15) oli keskimäärin tutkimuksen voimistelijoilla 142 ± 7 astetta ja rengashyppyssä jalat auki vastaavasti 142 ± 8 . Niillä oli merkitsevä yhteys toisiinsa ($r=0,86$, $p=0,000$). Sillassa vastaava kulma oli voimistelijoilla keskimäärin 126 ± 11 astetta ja sillä oli merkitsevä yhteys sekä jalat yhdessä suoritettun rengashypyn koko selän taivutuskulmaan ($r=0,58$, $p=0,014$) että jalat auki suoritettun rengashypyn kulmaan ($r=0,62$, $p=0,008$). Yläselän taivutuskulma (kuva 16) oli koehenkilöillä keskimäärin rengashyppyssä jalat yhdessä 132 ± 9 astetta, rengashyppyssä jalat auki 137 ± 10 astetta ja sillassa 122 ± 10 astetta. Yläselän taivutuskulmilla rengashyppyssä oli merkitsevä yhteys toisiinsa ($r=0,59$, $p=0,013$), mutta niillä ei ollut tilastollista yhteyttä sillan yläselän taivutuskulmaan. Rintakehän taipumiskulma pystyakseliin nähden oli rengashyppyssä jalat yhdessä 70 ± 11 astetta ja rengashyppyssä jalat auki 69 ± 10 astetta.



KUVA 15. Koko selän taivutuskulma eri koehenkilöillä rengashyppyssä sekä sillassa.



KUVA 16. Yläselän taivutuskulma eri koehenkilöillä rengashyppyssä ja sillassa.

Korrelaatio oli myös rengashyppyjen pituuksien ($r=0,55$, $p=0,022$), nousukorkeuksien ($r=0,88$, $p=0,000$), lentoaikojen ($r=0,84$, $p=0,000$) välillä. Lisäksi nousukorkeudet olivat merkitsevästi yhteydessä lentoaikoihin eli rengashyppyssä jalat yhdessä $r=0,87$, $p=0,000$ ja rengashyppyssä jalat auki $r=0,85$, $p=0,000$. Rengashypyn jalat yhdessä nousukorkeudella oli käänteinen yhteys rengashypyn jalat auki koko selän taivutuskulmaan ($r=-0,53$, $p=0,028$). Polvikulma koko selän suurimman taivutuksen hetkellä oli rengashyppyssä jalat yhdessä 78 ± 14 astetta ja rengashyppyssä jalat auki 86 ± 24 astetta. Rengashyppyjen polvikulmat korreloivat keskenään ($r=0,53$, $p=0,028$). Rengashyppyssä jalat auki polvikulma korreloi käänteisesti koko selän taivutuskulman kanssa ($r=-0,56$, $p=0,020$). Lisäksi jalat auki suoritettun rengashypyn polvikulmalla oli merkitsevä yhteys spagaatin korokkeen korkeuteen ($r=0,62$, $p=0,008$).

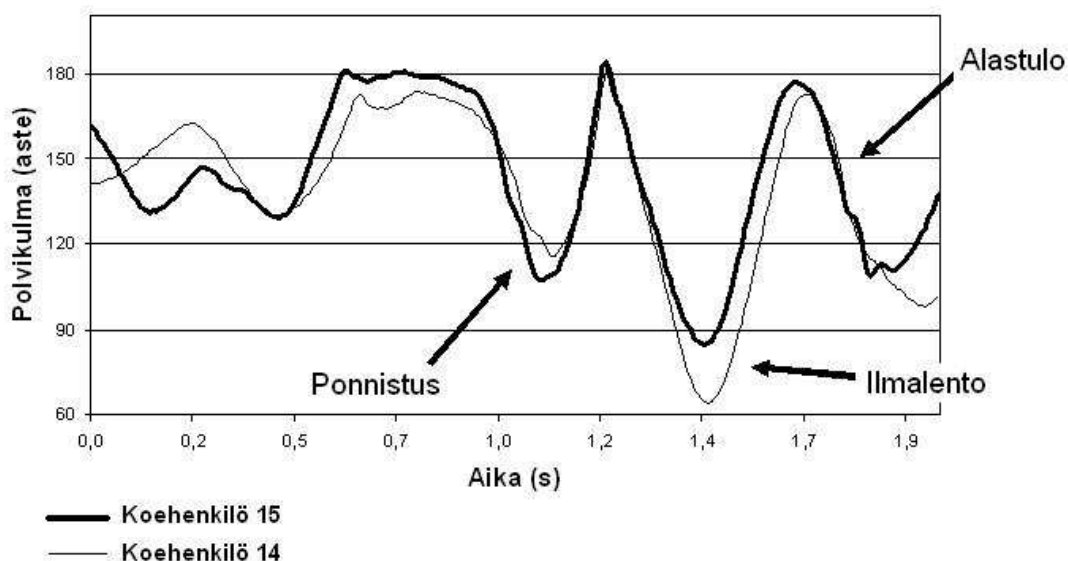
Myös rengashyppytuloksia vertailtiin eri ryhmissä (taulukko 3). Ryhmään yksi kuuluivat koehenkilöt, joiden koko selän taivutuskulma oli pienin eli joiden selän taivutus oli suurin, ryhmään kaksi keskitasoisien taivutuksen tehneet voimistelijat ja ryhmään kolme voimistelija joiden taivutuskulma oli suurin.

TAULUKKO 3. Rengashyppyjen koko selän taivutuskulmat hyppyissä ja silloissa sekä hyppyjen nousukorkeudet, lentoajat, pituudet, polvikulmat ja nilkkakulmat kolmessa eri ryhmässä. Merkitsevä ero ryhmien välillä = *.

	Koko selän taivutus- kulma (aste)	Koko selän taivutuskulma silta (aste)	Nousukorkeus (m)	Lentoaika (s)	Hypyn pituus (m)	Hypyn polvikulma (aste)	Hypyn nilkkakulma (aste)
Rengashyppy jalat yhdessä							
Ryhmä 1	135 * ± 3	117 * ± 4	0,41 ± 0,03	0,55 ± 0,02	0,25 ± 0,16	90 * ± 13	160 ± 5
Ryhmä 2	142 * ± 2	133 * ± 7	0,38 ± 0,07	0,54 ± 0,03	0,26 ± 0,07	73 * ± 15	157 ± 11
Ryhmä 3	150 * ± 4	136 ± 10	0,37 ± 0,04	0,54 ± 0,02	0,28 ± 0,21	74 ± 9	157 ± 6
Rengashyppy jalat auki							
Ryhmä 1	133 * ± 4	121 * ± 11	0,42 * ± 0,05	0,55 ± 0,02	0,33 ± 0,22	105 * ± 11	159 ± 10
Ryhmä 2	143 * ± 2	134 * ± 11	0,39 ± 0,04	0,55 ± 0,02	0,32 ± 0,08	79 * ± 28	160 ± 9
Ryhmä 3	152 * ± 2	133 ± 6	0,38 * ± 0,07	0,54 ± 0,04	0,42 ± 0,22	73 ± 16	161 ± 5

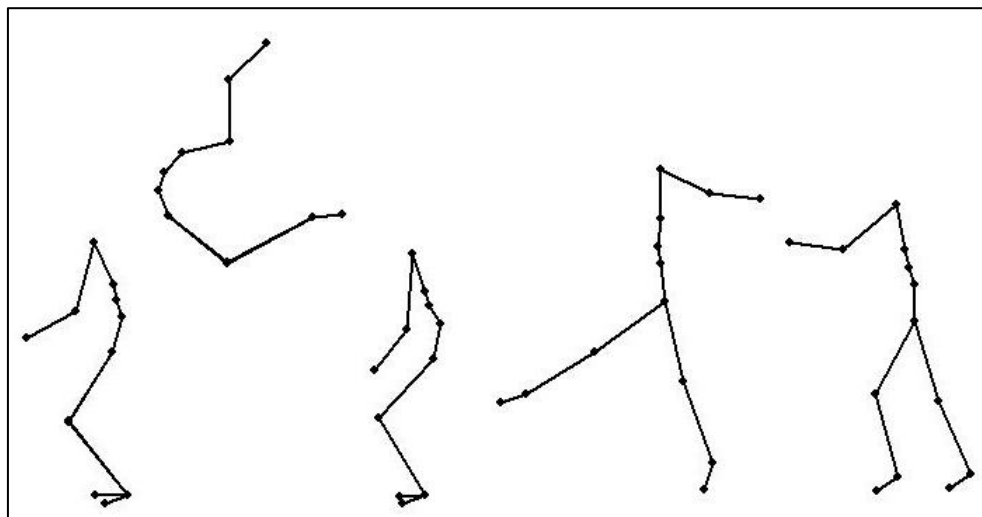
Rengashypyssä jalat yhdessä suurimman taivutuksen koko selästä tehneet koehenkilöt taipuivat selästä myös sillassa eniten. Ryhmien ja koko selän taivutuskulmien välillä sillassa olikin merkitsevä yhteys ($r=0,71$, $p=0,002$). Suuremman taivutuksen koko selästä tehneet voimistelijat molemmissa rengashypyissä hyppäsivät korkeammalle kuin pienemmän taivutuksen tehneet. Lentoaikojen erot eri ryhmien välillä olivat hyvin pieniä, eikä tilastollisesti merkitseviä. Voimistelijat liikkuvat rengashypyillä jalat yhdessä eteenpäin enemmän, kun taivutusta oli selästä vähemmän. Tämä tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Polvikulma oli keskimäärin kummassakin hyppyssä suurempi ryhmässä, jossa myös selästä taivutettiin enemmän. Rengashypyssä jalat auki ryhmien ja polvikulman välillä oli merkitsevä käänteinen yhteys ($r=-0,58$, $p=0,015$). Nilkkakulmien erot eri ryhmien välillä olivat pieniä, eivätkä tilastollisesti merkitseviä.

Kummassakin rengashypyssä suurimman taivutuksen koko selästä teki koehenkilö 15 eli koko selän taivutuskulma hänellä rengashypyssä jalat yhdessä oli 130 astetta ja hypyssä jalat auki 127 astetta. Pienimmän taivutuksen rengashypyssä jalat yhdessä teki koehenkilö 14 kulman ollessa 156 astetta ja hypyssä jalat auki koehenkilö 11 kulman ollessa 154 astetta. Koehenkilöiden 15 ja 14 välillä vasemman polvikulman muutokset rengashypyssä jalat yhdessä olivat pieniä (kuva 17). Kuitenkin esimerkiksi koehenkilö 15 ponnistuksen polvikulma oli pienempi kuin koehenkilöllä 14. Ilmalennossa ja alastulossa puolestaan koehenkilö 14 koukistaa polviaan enemmän. Kummallakin koehenkilöllä ennen ponnistusta tapahtuvan oikean jalan heiton aikana myös vasen jalka ojentui maksimaalisesti ja nopeasti.

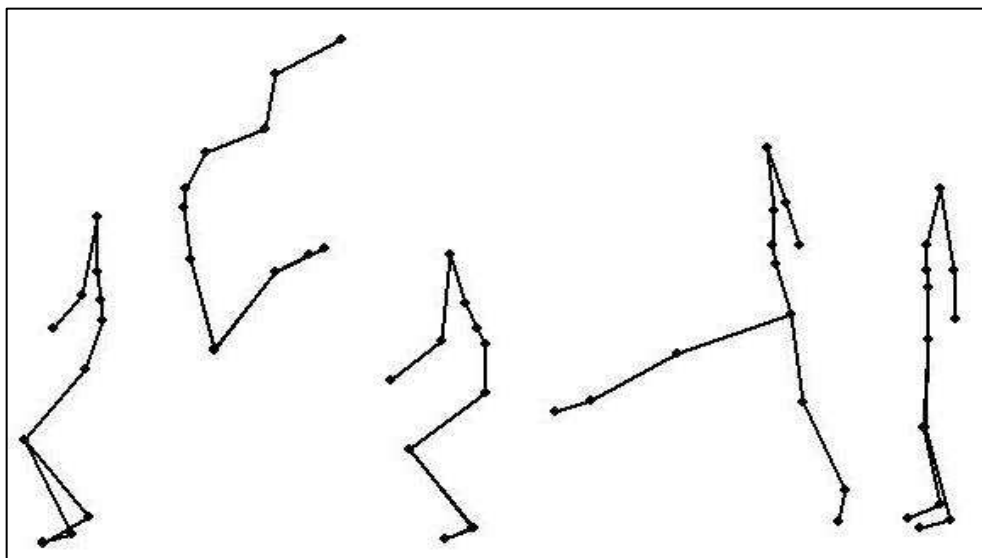


KUVA 17. Koehenkilöiden 15 ja 14 polvikulman (vasen) muutokset rengashypyssä jalat yhdessä.

Koehenkilöiden 15 ja 11 hyppytekniikkaa rengashypyssä jalat auki vertaillaan kuvissa 18 ja 19. Hypyn ponnistus- ja alastulokulmat koehenkilöllä 15 olivat 107 ja 110 astetta, kun koehenkilöllä 11 puolestaan 93 ja 116 astetta. Koko selän taivutuskulman ollessa pienimmillään koehenkilön 15 polvikulma oli 113 astetta ja koehenkilön 11 vastaavasti 50 astetta.



KUVA 18. Koehenkilön 15 rengashypyn jalat auki hypyn ponnistus, ilmalento ja alastulo. (Kuva ei ole mittakaavassa.)



KUVA 19. Koehenkilö 11 rengashypyn jalat auki hypyn ponnistus, ilmalento ja alastulo. (Kuva ei ole mittakaavassa.)

Rengashyppytuloksissa ei ollut suuria eroja joukkueiden välillä (taulukko 4). Koko selän taivutuskulmat sekä hyppyissä että sillassa olivat lähes samat, kuten myös hyppyjen nousukorkeudet ja lentoajat. Joukkue yksi liikkui keskimäärin vähemmän eteenpäin sekä ren-

gashypyllä jalat yhdessä että auki kuin joukkue kaksi. Polvikulma hypyn ilmalennossa oli puolestaan suurempi kummassakin rengashypyssä joukkueella yksi kuin joukkueella kaksi. Keskimäärin tutkimuksessa rengashypyn jalat yhdessä ilmalennon nilkkakulma oli 158 ± 8 astetta ja rengashypyssä jalat auki 160 ± 8 . Hypyn ilmalennon nilkkakulmissa ei ollut juuri eroja joukkueiden välillä. Edellä mainitut tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

TAULUKKO 4. Rengashyppyjen koko selän taivutuskulmat hyppyissä ja silloissa sekä hyppyjen nousukorkeudet, lentoajat, pituudet, polvikulmat ja nilkkakulmat joukkueittain.

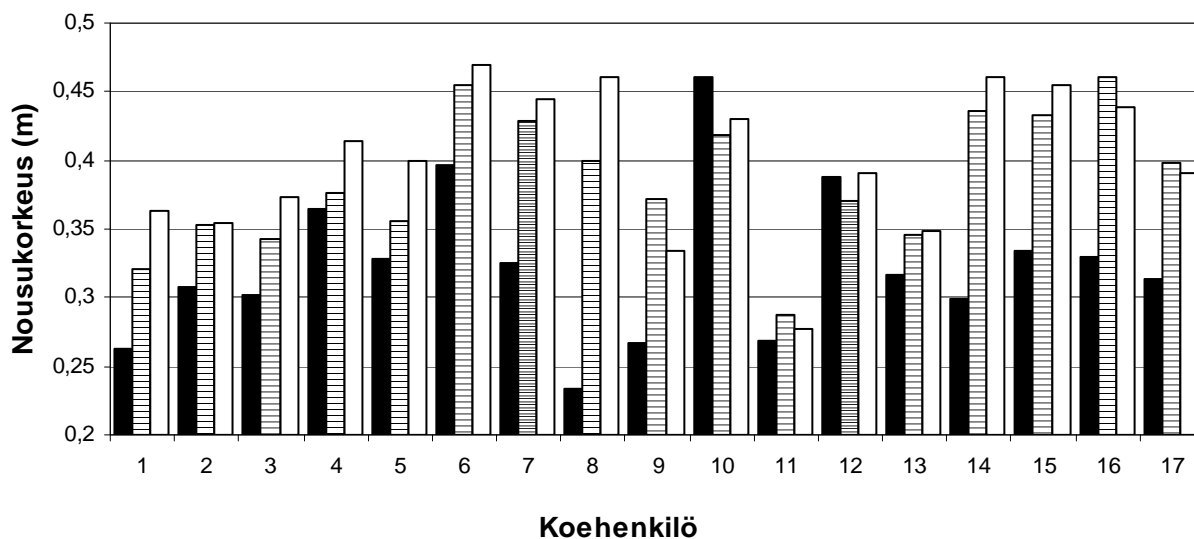
	Koko selän taivutus- kulma (aste)	Koko selän taivutus- kulma silta (aste)	Nousu- korkeus (cm)	Lento- aika (s)	Hypyn pituus (m)	Hypyn polvi- kulma (aste)	Hypyn nilkka- kulma (aste)
Rengashyppy jalat yhdessä							
Joukkue 1 (n = 9)	142 ± 6	128 ± 10	0,38 ± 0,04	0,54 ± 0,02	0,24 ± 0,14	80 ± 16	159 ± 9
Joukkue 2 (n = 8)	143 ± 8	130 ± 13	0,39 ± 0,06	0,54 ± 0,03	0,30 ± 0,15	76 ± 12	156 ± 7
Rengashyppy jalat auki							
Joukkue 1 (n = 9)	141 ± 7	128 ± 10	0,41 ± 0,05	0,55 ± 0,02	0,32 ± 0,18	95 ± 25	160 ± 9
Joukkue 2 (n = 8)	143 ± 10	130 ± 13	0,39 ± 0,06	0,55 ± 0,03	0,39 ± 0,17	77 ± 19	159 ± 7

7.3 Kaikkien hyppyjen pituudet, lentoajat ja nousukorkeudet

Harppaushypyn pituus kaikilla koehenkilöillä oli keskimäärin 1,62 metriä. Rengashypyllä, jossa jalat tuli pitää yhdessä, liikuttiin keskimäärin vähemmän eteenpäin kuin rengashypyssä jalat auki. Merkitsevästi yhteydessä toisiinsa olivat rengashyppyjen keskimääräiset pituudet ($r=0,55$, $p=0,022$). ja lentoajat ($r=0,84$, $p=0,000$). Taulukosta 3 nähdään, että harppauksen lentoaika oli lyhin ja nousukorkeus matalin verrattessa kaikkien hyppyjen keskiarvoja. Jalat auki suoritettuna rengashypyn lentoajassa ja nousukorkeudessa saavutettiin puolestaan keskimäärin suurimmat arvot. Kuvassa 20 on vertailtu jokaisen koehenkilön hyppyjen nousukorkeuksia keskenään, mistä huomataan suuriakin eroja nousukorkeuksissa eri koehenkilöillä.

TAULUKKO 3. Harppaushypyn ja rengashyppyjen pituuksien, lentoaikojen ja nousukorkeuksien keskiarvot \pm keskihajonnat koko koehenkilöjoukosta.

	Hypyn pituus (m)	Lentoaika (s)	Nousukorkeus (m)
Harppaushyppy	1,62 \pm 0,24	0,49 \pm 0,04	0,32 \pm 0,06
Rengashyppy jalat yhdessä	0,26 \pm 0,15	0,54 \pm 0,02	0,39 \pm 0,05
Rengashyppy jalat auki	0,35 \pm 0,18	0,55 \pm 0,03	0,40 \pm 0,05



KUVA 20. Hyppyjen nousukorkeudet eri koehenkilöillä.

■ = harppaushyppy, ▨ = rengashyppy jalat yhdessä, □ = rengashyppy jalat auki

Harppaushypyn ponnistuksen polvikulma (vasen) eli pienin polvikulma ponnistusvaiheessa oli keskimäärin 133 ± 4 astetta ja alastulon (oikea) 149 ± 10 astetta. Rengashypyn, jossa jalat tuli pitää yhdessä, ponnistuksen polvikulma oli keskimäärin 102 ± 9 astetta ja alastulopolvikulma 103 ± 6 astetta. Vastaavasti jalat auki suoritettussa hypyssä ponnistuskulma oli 103 ± 7 ja alastulokulma 104 ± 8 astetta. Rengashyppyjen ponnistuskulmat olivat merkitsevästi yhteydessä toisiinsa ($r=0,78$, $p=0,000$), kuten myös alastulokulmat ($r=0,67$, $p=0,004$).

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla joukkuevoimistelun harppaus- ja rengashypyjen tekniikkaa eri joukkuevoimisteliijoilla. Tutkimuskysymyksenä oli, kuinka korkealle ja minkälaisella tekniikalla parhaimmiston kuuluvat joukkuevoimistelijat hyppäävät eri hyppyä, ja onko lattialla mitatun spagaatin passiivisella liikkuvuudella yhteys aktiiviseen liikkuvuuteen spagaatiharppauksessa. Tutkimuksen harppaushypyssä jalkojen ensimmäinen lantiokulma eli nilkoista sarvennoisen kautta mitattu kulma, jossa jalat aukesivat parhaiten, korreloi ylispagaatin korkeuteen. Rengashypyissä koko selkä taipui eniten niillä voimisteliijoilla, joilla koko selkä taipui eniten myös mitatussa sillassa. Tutkimus siis osoitti, että passiivinen liikkuvuus on yhteydessä aktiiviseen liikkuvuuteen niin harppauksessa kuin rengashypyissä. Harppauksessa massakeskipiste nousi selvästi lähtötasosta, mikä oli tutkimuksen hypoteesi. Ponnistusaikaa ja lantion asentoa harppaus- ja rengashypyissä ei tutkimuksessa lopulta mitattu ollenkaan. Ylävartalon asento harppauksen ilmalennon aikana ei ollut täysin pystyssä toisin kuin tutkimuksen hypoteesissa. Myöskään tutkimukseen osallistuneiden voimistelijoiden nilkat ja polvet eivät joka hetki ojentuneet maksimaalisesti. Rengashypyissä massakeskipiste nousi myös selvästi lähtötasosta, mutta hypoteesin vastaisesti nilkat eivät täysin ojentuneet. Rengashypyissä koko selkä taipui eli taivutus ei tapahtunut pelkästään yläselästä.

Tämän tutkimuksen voimistelijat olivat pituudeltaan keskimäärin 165 cm ja painoivat 57 kilogrammaa. Vastaavasti Alexanderin (1989) tutkimuksessa voimisteliijoita verrattiin keskimääräiseen naiseen, joka on 165 cm pitkä ja painaa 57-58 kilogrammaa. Alexanderin tutkimuksessa rytmiset kilpavoimistelijat olivat hieman lyhyempiä ja kevyempiä kuin keskiarvoinen nainen eli siis myös kevyempi ja lyhyempiä kuin tämän tutkimuksen voimistelijat. Rasvaprosentin keskiarvo Alexanderin tutkimuksen voimisteliijoilla oli 13, kun taas tämän tutkimuksen voimisteliijoilla se oli keskimäärin 25. Tämä huima ero selittyy paitsi voimistelijoiden antropometrisillä eroilla, niin ehkä myös mittausmenetelmän eroilla. Tietysti jonkin verran tuloksiin vaikutti se, että rasvaprosentin mittaaja ei ollut aina sama.

Harppaushypyjen ensimmäisen lantiokulman keskiarvo kaikilla tutkimuksen voimisteli-joilla jäi 168 asteeseen ja vain yksi koehenkilö ylitti 180 asteen eli oikokulman rajan. Tulos oli yllättävä, sillä silmämääräisesti suurin osa hypyistä oli spagaatiharppauksia eli jalat näyttivät aukeavan vähintään 180 asteeseen. Toisaalta ensimmäinen lantiokulma oli mitattu nilkoista reisiluun sarvennoiseen, mikä saattoi vääristää tulosta parempaan suuntaan, jos takajalan polvi oli voimistelijalla koukussa. Näin ollen lantiokulma 2:n tulos on lähempänä totuutta, sillä lantiokulma 2 oli mitattu polvista sarvennoiseen. Toisen lantiokulman tulokseen ei siis vaikuta takapolven mahdollinen koukistuminen hypyn aikana. Lantiokulma 2 oli keskimäärin 8 astetta pienempi kuin lantiokulma 1. Voidaan siis todeta, että monella tutkimuksen voimistelijalla takapolvi oli koukussa hypyn ilmalentovaiheessa, ja että tämän tutkimuksen voimistelijoiden hypyt eivät olleet spagaatiharppauksia. Mikäli takajalan polvi olisi kaikilla koehenkilöillä ollut täysin ojennettu, olisi illuusio spagaatiin aukeavasta hypystä ehkä jäänyt pienemmäksi. Toisaalta hypyn näkeminen vain kerran oikeassa hypyn nopeudessa varmasti vääristää lantiokulmia. Lisäksi markkerien paikat tai niiden liikkuminen saattoivat vaikuttaa tulokseen. Periaatteessa, jos markkerit oli kiinnitetty tarkasti oikeisiin kohtiin, eivätkä liikkuneet esimerkiksi vaatteiden mukana, tuloksien pitäisi kuitenkin olla tarkkoja ja oikeita. Kilpailuissa tuomariston on varmasti vaikea, ellei jopa mahdotonta havaita harppaushypyn lantiokulmaa samanaikaisesti, kun silmä vääristää näin paljon. Vastaisuudessaakin täytyy tyytyä siihen, että silmämääräisesti spagaatissa käyvät ja ojentuneet jalat riittävät. Harppauksen lantiokulma 1:n erot eli aktiivinen liikkuvuus eri koehenkilöillä oli yhteydessä muun muassa lattialta mitatun spagaatin passiiviseen liikkuvuuteen. Spagaati meni korkeimmalta pohjaan niillä koehenkilöillä, joilla myös hypyssä jalat aukesivat eniten muutamia poikkeuksia lukuunottamatta. Tulos oli lisäksi tilastollisesti merkitsevä eli ei satumaa. Tämän perusteella voidaan todeta, että harppaushypyn näyttävyyteen vaikuttaa suurelta osin passiivinen liikkuvuus.

Harppaushypyn nousukorkeus oli voimisteli-joilla keskimäärin 32,3 cm, kun vastaavasti Dyhre-Poulsen (1987) tutkimuksessa harppauksen nousukorkeus rytmisillä voimisteli-joilla oli keskimäärin 32,7 cm. Tulos on siis lähes sama, joten analysoitua massakeskipisteen nousukorkeutta tässä tutkimuksessa voidaan pitää melko luotettavana. Nousukorkeuden ja lentoajan yhteys on ilmiselvä. Nousukorkeus todettiin olevan pienempi niillä koehenkilöil-

lä, joilla harppauksen lantiokulma 1 oli suurempi. Lentoajan ja ensimmäisen lantiokulman välillä oli myös käänteinen yhteys. Voidaan siis todeta, että osa tutkimuksen voimistelijoista hyppäsi korkealle ja osa puolestaan avasi jalvoja ilmassa mahdollisimman paljon. Tämä voidaan todeta myös joukkueiden välisestä vertailusta. Joukkueen 1 voimistelijat saivat siis jalvat paremmin auki hypyn ilmalennon aikana, kun taas joukkueen 2 voimistelijat eli vanhemmat voimistelijat hyppäsivät keskimäärin ylemmäs ja pidemmälle. Erot selittynevät harjoitustaustan eroilla ja iän vaikutuksella esimerkiksi ponnistusvoimaan. Tyylikäs harppaus on sellainen, jossa jalvat aukeavat hienosti, mutta toisaalta joukkuevoimistelun hypyissä myös lantion tulee nousta ilmalennossa. Suuria eroja jalvojen auki saamisen nopeudessa ei ollut, joten illuusio upeasta hypystä tuli joko harppauksen lantiokulmasta tai hypyn korkeudesta. Dyhre-Poulsenin (1987) tutkimuksessa parhaat hyppääjät saivat jalvat auki nopeammin kuin muut voimistelijat ja se aiheutti illuusion näyttävästä ja korkeasta hypystä. Optimaalinen tilanne tietenkin olisi, että voimistelija saisi paitsi jalvat auki, niin myös hyppäisi korkealle. Ensimmäisen lantiokulman ja koehenkilön pituuden välinen korrelaatio johtui mahdollisesti pitkien raajojen suuremmasta liike-energiasta verrattuna lyhyisiin raajoihin. Toisaalta jalan pituuden ja lantiokulma 1:n välillä ei ollut yhteyttä.

Huomattava on lisäksi, että takapolvi eli vasen jalka oli eniten koukussa niillä voimisteli-joilla, jotka aukaisivat jalvoja ilmassa eniten. Takapolven koukistumisen asteella olikin selkeä käänteinen yhteys ensimmäiseen lantiokulmaan. Mitä korkeammalle siis takajalkaa nostaa, niin sitä helpommin polvi menee koukkuun. Etujalan polvi oli takajalan polveen verrattuna paljon paremmin ojennettu. Etupolven ojennus meni jopa yliojennuksen puolelle, sillä polvikulman keskiarvo oli 200 astetta. Tämä tulos on ehkä jopa fysiologisesti mahdoton. Polvikulmaan varmasti vaikuttikin markkerin liikkuminen ja esimerkiksi oikean jalan eli hypyn etummaisen jalan aukikierto. Aukikierrossa oleva etummainen jalka nostaisi periaatteessa nilkassa ollutta markkeria ylemmäs, mikä aiheuttaisi analysointivaiheessa virhettä. Toisaalta kun voimistelija nostaa kumpaakin jalkaa ja pyrkii avaamaan ne maksimaalisesti, niin etupolvi helpommin yliojentuu ja takapolvi koukistuu kuin toisin päin. Nilkkojen ja erityisesti etunilkan ojentamiseen voimisteli-joille jäi vielä parantamisen varaa. Toisaalta jälleen silmämääräisesti nilkat näyttivät paremmin ojennetuilta kuin mitä tulos kertoo. Vartalokulman suuruus eli ylävartalon asento vaihteli koehenkilöillä paljon ja satun-

naisesti. Kenelläkään ei hypyn lantiokulmien kohdalla ylävartalo ollut täysin pystyssä, sillä pienin kulma oli 8 astetta. Pienimmillään vartalokulma ei ollutkaan ilmalennon lantiokulmien hetkellä, vaan usealla koehenkilöllä jossain muussa hypyn kohdassa. Ylävartalon pitäminen pystyasennossa hypyn ilmalennon aikana voidaan todeta olevan hyvin haastavaa.

Kummassakin rengashypyssä koko selän taivutuskulma oli keskimäärin sama eli 142 astetta. On mielenkiintoista, ettei toisessa rengashypyssä sallittu jalkojen vapaa avaaminen aiheuttanut muutosta koko selän taivutuskulmaan. Voi kuvitella, että vapaasti olevat jalat helpottavat taivutusta, sillä silloin lonkankoukistajan kireys ei vaikuta niin ratkaisevasti. Toisaalta, jos voimistelija on aina tottunut tekemään rengashypyn esimerkiksi jalat yhdessä, niin silloin taivutuksesta saa varmasti isomman tällä hyppytyylillä. Sillassa taivutus oli totta kai suurempi kuin rengashypyissä, mutta jälleen passiivinen liikkuvuus korreloi hyvin aktiivisen kanssa. Taivutus oli siis samoilla voimistelijoiden suurin sekä sillassa että rengashypyissä. Yläselän taivutuskulma puolestaan vaihteli hyppyjen välillä enemmän. Rengashypyssä jalat yhdessä voimistelijat taivuttivat keskimäärin yläselästä enemmän kuin jalat auki suoritettussa hypyissä. Tämä saattoi johtua juuri siitä, että voimistelijat ovat harjoitelleet enemmän rengashyppyä jalat yhdessä kuin hyppyä, jossa jalat saavat olla vapaasti. Yläselän taivutuksella ei ollut yhteyttä sillan yläselän taivutukseen, mikä voi johtua esimerkiksi siitä että sillassa hartialinjan saa helpommin suoraksi kuin hypyissä, koska sillassa käsiä pystyy painamaan seinään vasten. Näin ollen suuren yläselän taivutuksen pystyy tekemään sillassa myös voimistelija, jolla ei hypyissä siihen riitä voimaa tai aktiivista liikkuvuutta.

Rintakehän taipumiskulma eli rintakehän taipuminen pystylinjasta oli rengashypyssä jalat yhdessä 70 ± 11 astetta ja rengashypyssä jalat auki 69 ± 10 astetta. Joukkuevoimistelun säännöissä vaadittu rintakehän taipumisen suuruus pystylinjasta B-hypyissä on kuitenkin vähintään 80 astetta. Tämän tutkimuksen voimistelijat taivuttivat siis rintakehää keskimäärin vähemmän kuin mikä olisi vaadittu kilpailutilanteen hypyissä, joissa on mukana selän taaksetaivutus. Kilpailuissa liian pieni hypyn taivutus pudottaa hypyn arvon B-hypystä A-hypyksi. Tuomareiden on varmasti hyvin vaikeaa huomata silmämääräisesti rintakehän taipumisen suuruus asteina eli esimerkiksi onko taivutuksen suuruus 70 vai 80 astetta. Tämän

tutkimuksen voimistelijat taivuttivat rintakehästä silmämääräisesti riittävästi, mutteivät silti sääntöjen puitteissa keskimäärin tarpeeksi. Onko siis vaadittu rintakehän taipumisen suuruus keskimäärin liian haastava suorittaa?

Mitatut rengashypyt ovat melkein kuin sama hyppy ja todennäköisesti siksi hyppyjen pituudet, nousukorkeudet ja lentoajat olivat yhteydessä toisiinsa hyppyjen välillä. Myös nousukorkeudet ja lentoajat korreloivat, mikä oli tietysti odotettavaa. Mielenkiintoinen tulos oli se, että jalat yhdessä suoritettuna rengashypyn nousukorkeus oli yhteydessä koko selän taivutukseen rengashypyssä jalat auki. Mitä suurempi taivutus oli jalat auki suoritettuna hypyissä, sitä korkeammalle toinen rengashyppy nousi. Samaa korrelaatiota ei ollut päinvastoin hyppyjen välillä, eikä nousukorkeuden ja koko selän taivutuskulman välillä hyppyjen sisällä, vaikka keskiarvoissa sama tulos näkyikin. Koehenkilöt, jotka taivuttivat eniten selkää rengashypyissä, hyppäsivät keskimäärin myös korkeimmat hypyt. Tämä tulos selviää muun muassa ryhmien välisessä vertailussa. Joukkueiden välillä ei eroja juuri ollut. Rengashypyssä jalat yhdessä polvikulma koko selän suurimman taivutuksen hetkellä oli pienempi kuin hypyissä jalat auki. Rengashypyssä jalat auki koko selän taivutus oli myös sitä suurempi mitä suurempi oli polvikulma. Nämä tulokset johtunevat lonkankoukistajasta, sillä hypyissä jalat auki lonkankoukistaja antaa enemmän periksi kuin jalat yhdessä tehtävässä hypyissä. Rengashypyssä jalat auki jalkoja viedäänkin helpommin taakse, jolloin polven koukistaminen vaatii enemmän voimaa kuin silloin kun jalkoja ei ole viety niin taakse. Selän taivutus oli myös suurempi silloin kun lonkankoukistaja antoi enemmän periksi sekä tällöin jalkoja vietiin taaemmaksi polvikulman samalla kasvaessa. Polvikulmat hypyissä korreloivat kuitenkin keskenään eli tämä viittaa siihen, että voimistelijat koukistivat jalkojaan yhtä suurella voimalla kummassakin hypyissä. Suurella polvikulmalla rengashypyssä jalat auki oli lisäksi yhteys suureen passiiviseen liikkuvuuteen spagaatissa. Spagaatiinkin vaikuttaa suurelta osin lonkankoukistajan liikkuvuus, joka siis vaikutti polvikulman suuruuteen rengashypyissä. Todennäköisesti mitä suurempi oli hypyn polvikulma, sitä parempi oli voimistelijan lonkankoukistajan liikkuvuus.

Harppaushypyssä liikuttiin keskimäärin 1,62 metriä eteenpäin. Hypyn pituus todettiin ryhmävertailussa olevan pieni niillä voimistelijoilla, joiden harppauksen lantiokulma 1 oli suu-

ri. Heillä myös hypyn korkeus jäi matalammaksi kuin pienen lantiokulma 1:n voimisteli-joilla. On täysin loogista, että matala hyppy on myös lyhyt, vaikka tulos ei ollutkaan tilas-tollisesti merkitsevä. Tuloksista nähdään myös, että harppaushyppy oli keskimäärin matalin ja lentoajaltaan lyhin hyppy verrattuna rengashyppyihin. Hyppy, jossa tapahtuu eniten tai-vutusta, nousee siis korkeimmalle ja lentoaika on pisin. Harppauksen ponnistuskulma oli keskimäärin 133 astetta, kun vastaavasti Dyhre-Poulsen (1987) tutkimuksessa se oli 145 astetta. Rytmiset voimistelijat ponnistivat siis vuoden 1987 tutkimuksessa syvemmästä kyykystä verrattuna joukkuevoimistelijoihin tässä tutkimuksessa. Polvikulma oli kuitenkin suhteellisen lähellä samaa kummassakin tutkimuksessa varsinkin, kun polvikulmat vaihte-livat kummassakin tutkimuksessa koehenkilöiden välillä useita asteita. Dyhre-Poulsen (1987) tutkimuksessa ponnistuksen polvikulma vaihteli voimistelijoiden välillä suurimmil-laan 35 astetta. Tässä tutkimuksessa vaihtelua oli 15 astetta. Ponnistus- ja alastulokulmat olivat harppaushypyssä suuremmat kuin rengashypyissä. Tämä selittynee yhden jalan pon-nistuksen ja alastulon eroista verrattuna kahdella jalalla tapahtuvaan. Rengashypyissä pon-nistukset ja alastulot korreloivat hyvin keskenään. Korrelaatiota ei ollut harppauksen ja rengashyppyjen ponnistusten ja alastulojen kanssa. Yhden ja kahden jalan ponnistustekniikat ovat niin erilaiset, että niissä ei koehenkilöiden välillä ollut siis yhteyttä. Tulos viittaa siihen, että hyppyjen ponnistukset ja alastulot opitaan hyppykohtaisesti eri tavoin ja yksilöl-lisesti.

Tutkimuksen tuloksiin vaikuttivat varmasti mittaustilanteen ja analysoinnin virhelähteet. Markkerien paikkojen täsmällisyys sekä niiden liikkuminen hyppyjen aikana aiheuttivat mahdollisesti virhettä nivelkulmiin ja nousukorkeuden laskemiseen. Osa koehenkilöistä mitattiin myös hyvin nopeassa tahdissa, jolloin mittaustarkkuus saattoi hieman kärsiä esi-merkiksi markkerien nopean kiinnittämisen vuoksi. Kameroiden kalibrointi pyrittiin suorit-tamaan tarpeeksi usein ja täsmällisesti, mutta silti sekin saattoi aiheuttaa virhettä. Ana-lysointivaiheessa ongelmia toi se, että kaikki markkerit eivät näkyneet joka hetki ja välillä tärkeimpien markkerien paikat jouduttiin arvaamaan. Tästä aiheutui virhettä lähinnä mas-sakeskipisteen paikkaan, josta siis laskettiin hyppyjen nousukorkeuksia, eikä niinkään mää-ritettyihin nivelkulmiin. Pyrin valitsemaan analyysiin sellaiset nivelkulmat, joiden markke-rit olivat näkyvissä halutulla hetkellä. Analysointia häiritsi lisäksi koehenkilöiden erilaiset

tottumukset hyppyissä. Olisi ehdottomasti pitänyt paremmin sopia esimerkiksi käsien asennot tai radat hyppyjen aikana. Otimme toki uudestaan sellaiset hyppyt, joissa jokin sovittu asia meni pieleen, mutta ehkä vieläkin useammin olisimme voineet ottaa uuden hypyn. Harppauksen alastuloa emme sopineet tietynlaiseksi, joka saattoikin vaikuttaa alastulopolvikulmien tuloksiin.

Tutkimuksen suurimpia haasteita oli muuttujien suuri määrä. Tuntui oleelliselle tutkia melkein kaikkea hyppyistä, mutta jotain oli pakko jättää pois. Toisaalta tutkimukseen lopulta otetut muuttujat kertoivat jo hyvin hyppyjen ominaispiirteistä. Hyppyistä jäi kuitenkin paljon tutkittavaa videoanalyysin avulla tulevaisuuteen, kuten esimerkiksi tarkempi analyysi vauhdinotosta, alastulosta sekä lantion asennosta hyppyjen aikana.

9 YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla joukkuevoimistelun harppaus- ja rengashyppyjen tekniikkaa eri joukkuevoimistelijoiden välillä ja samalla selvittää erityisesti aktiivisen ja passiivisen liikkuvuuden yhteyttä. Tutkimuksen harppaushypyssä jalkojen lantiokulma eli kulma, jossa jalat aukesivat parhaiten, korreloi spagaatin pohjaan meno korkeuteen. Rengashypyissä puolestaan koko selkä taipui eniten niillä voimisteliijoilla, joilla koko selkä taipui eniten myös mitatussa sillassa. Näin ollen tutkimus osoitti, että passiivinen liikkuvuus on hyvin yhteydessä aktiiviseen liikkuvuuteen niin harppauksessa kuin rengashypyissä.

Harppauksen keskimääräiseksi nousukorkeus tutkimuksessa oli 32 cm. Todettiin lisäksi, että parhaiten jalat harppauksessa avanneet eli suurimman lantiokulman omanneet voimistelijat hyppäsivät keskimäärin matalimmat ja lyhyimmät hypyt. Voidaan jopa todeta, että osa tutkimuksen voimisteliijoista hyppäsi korkealle ja osa puolestaan avasi jalkoja ilmassa mahdollisimman paljon. Näyttävimmässä harppauksessa hypätään kuitenkin sekä korkealle että avataan jalat mahdollisimman auki eli ainakin spagaatiin. Tutkimus osoitti, että harppauksen etujalan polvi ojentui voimisteliijoilla keskimäärin paremmin kuin takajalan polvi. Voimistelijan pyrkiessä nostamaan ja avaamaan jalat ilmalennon aikana maksimaalisesti etupolvi helpommin yliojentui ja takapolvi jäi koukkuun kuin toisin päin. Rengashypyissä polvikulma oli pienempi jalat yhdessä suoritettussa hypyssä kuin hypyssä jalat auki selän suurimman taivutuksen hetkellä. Lisäksi todettiin, että hypyssä jalat auki polvikulma oli sitä suurempi mitä suurempi oli taivutus koko selästä. Nämä tutkimustulokset liittyvät mahdollisesti lonkankoukistajan liikkuvuuteen. Harppaus- ja rengashypyistä jäi tutkittavaa liikeanalyysin avulla tulevaisuuteen. Lisäanalyysia kaivataan erityisesti hyppyjen vauhdinotoista, alastulosta sekä lantion asennosta hypyn ilmalennon aikana.

10 LÄHTEET

- Ahonen, M-L. 2005. Aesthetic Gymnastics Gaining Favour in Europe. Motion - Sports in Finland. Vol 1, 4-9
- Alexander, M.J.L. 1989. The physiological characteristics of elite rhythmic sportive gymnasts. Journal of Human Movement Studies. Vol 17, 49-69.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A.R. & Guidetti, L. 2008. Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. The journal of sports medicine and physical fitness. Vol 48, 341-346.
- Cicchella, A. 2009. Kinematics analysis of selected rhythmic gymnastic leaps. Journal of Human Sport and Exercise. Vol 4, 40-47.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A. & Tokmakidis, S. 2008. Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. International Journal of Sports Physiology and Performance. Vol 3, 41-54.
- Dyhre-Poulsen, P. 1987. An analysis of splits leaps and gymnastic skill by physiological recordings. European Journal of Applied Physiology. Vol 56, 390-397.
- Hutchinson, M., Tremain, L., Christiansen, J. & Beitzel, J. 1998. Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. Medicine and Science in Sport and Exercise. Vol 30, 1543-1547.
- IFAGG: International Federation of Aesthetic Group Gymnastics. 2006. Rules of aesthetic group gymnastics competition for children.
- IFAGG: International Federation of Aesthetic Group Gymnastics. 2005. Competition rules of aesthetic group gymnastics.
- IFAGG: International Federation of Aesthetic Group Gymnastics. 2009.
http://www.ifagg.com/agg/what_is_agg/. viitattu 18.11.2009
- Kantola, H. & Tuominen, K. 1989. Suomalainen valmennusoppi 2: Harjoittelu. Suomen Olympiakomitea, Jyväskylä.
- De Leva, P. 1996. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. Journal of Biomechanics. Vol 29, 1223-1230.

- Pitenius, T. 1998. Joukkuevoimistelija Anu Mattila valmentaa, kilpailee ja suunnittelee sekä koreografian että puvut ”Kun tekee jotain erikoista, se pitää tehdä niin hyvin, ettei kukaan voi moittia”. *Valmentaja*. 3, s. 14–15.
- Rönkkö, P. 2006. Kestävyyssuorituskyky, suorituksen rasittavuus sekä ohjelman rakenne joukkuevoimistelussa. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Svoli ry: Suomen Voimisteluliitto. 2007. Joukkuevoimistelun vapaa- ja välineohjelman SM-kilpailusäännöt.
- Wilson, M., Lim, B-O., & Kwon, Y-H. 2004. A Three-Dimensional Kinematic Analysis of Grand Rond de Jambe en Pair, Skilled Versus Novice Ballet Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*. Vol 8, 108-115.