

**VOIMANTUOTTO JA LIHASAKTIIVISUUS LENTOPALLON
LAJIHYPPYSUORITUKSISSA JA HYPPYHARJOITTEISSA**

Liisa Kiviluoto

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Kandidaatin tutkielma
Syksy 2007

Työn ohjaaja: Mikko Virmavirta

TIIVISTELMÄ

Liisa Kiviluoto 2007. Voimantuotto ja lihasaktiivisuus lentopallon lajihyppysuorituksissa ja hyppyharjoitteissa. Biomekaniikka. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. 50 s.

Lentopallo on yksi räjähtävimmistä ja nopeatempoisimmista joukkuelajeista. Hyppy muodostavat suurimman osan lentopallopeleiden tehosuorituksista. Lisäksi tehosuorituksia ovat pyrähdykset, suunnan muutokset ja pallon haut. Vertikaalinen hyppykyky on tärkeä ominaisuus lentopalloilijan menestyksessä. Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla hyppyharjoitteiden lajinomaisuutta naislentopalloilijoilla.

Lajihyppysuorituksina tutkimuksessa olivat iskulyönti vauhdilla, torjuntahyppy paikaltaan ja ristiaskelvauhti torjuntahyppy. Hyppyharjoitteina (11kpl) olivat kevennyshyppy, hyppy ilman kevennystä, pudotushyppy 20, 40 ja 60 cm korkeuksilta mahdollisimman nopealla kontaktilla ja pienellä polvikulmalla, pudotushyppy 20, 40, 60 cm korkeuksilta tavoitteena 90° asteen polvikulma alimmassa kohdassa, tasaloikka, vuoroloikka ja aita-hyppy. Hyppyistä huomioitiin kontaktiaika, lentoaika, polvikulmat, voimat kahdesta eri suunnasta ja lihasaktiivisuus suorasta reisilihaksesta, uloimmasta reisilihaksesta ja sisemmästä kaksoiskantalihaksesta.

Tutkimuksen mukaan iskulyöntiä eniten muistutti aita-hyppy kontaktiajan, alimman kulman, kulmamutoksien, konsentrisen vaiheen keskiarvoisen ja maksimaalisen voiman mukaan sekä konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuuksien mukaan. Torjuntahyppyä eniten muistutti kevennyshyppy. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyä hyppyharjoitteista muistutti polvikulmissa ja lihasaktiivisuuksien osalta aita-hyppy ja kontaktiajan osalta hyppy ilman kevennystä. Suurimmat voimat havaittiin pudotushyppyissä. Kun halutaan harjoitella mahdollisimman lajinomaisesti, tulee tehdä lajihyppysuorituksia ja niitä muistuttavia hyppyharjoitteita. Lisäksi aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet pudotushyppy harjoittelun lisäävän ponnistuskorkeutta.

Avainsanat: Hyppyharjoittelu, voima, polvikulma, lihasaktiivisuus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO.....	4
2. NAISTEN PELIANALYYSI.....	5
2.1 Pallojen kestot ja pallorallien määrät.....	5
2.2 Teho pelipaikoittain.....	6
2.3 Naisten ja miesten pelianalyysin eroja.....	7
3. HYPPYTEKNIIKAT LENTOPALLOSSA.....	8
3.1 Iskulyönti.....	8
3.1.1 Iskulyönnin vauhti ja ponnistus.....	8
3.1.2 Iskulyönnin ilmalento ja alastulo.....	9
3.2 Torjunta.....	10
3.2.1 Valmiusasento ja liikkuminen torjuntaan.....	10
3.2.2 Ponnistus, ilmalento ja laskeutuminen.....	11
4. HARJOITTELUANALYYSI.....	13
4.1 Harjoittelujaksot.....	13
4.2 Harjoittelu.....	13
5. BIOMEKAANISTEN TEKIJÖIDEN MITTAAMINEN	16
HYPPYSUORITUKSESSA	
5.1 Voimamittaukset.....	16
5.2 Lihasktiivisuusmittaukset.....	16
6. TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT.....	18
7. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	19
7.1 Koehenkilöt.....	19

7.2 Mittausmenetelmät.....	19
7.3 Tulosten analysointi ja tilastollinen analyysi.....	20
8. TULOKSET.....	22
8.1 Kontaktiajat.....	22
8.2 Polvikulmat.....	24
8.3 Voimat.....	28
8.3.1 Eksentriset vertikaalivoimat.....	28
8.3.2 Konsentriset vertikaalivoimat.....	31
8.3.3 Konsentriset vaakavoimat.....	34
8.4 Lihasaktiivisuus.....	36
8.4.1 Eksentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet.....	36
8.4.2 Konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet.....	40
9. POHDINTA.....	44
10. LÄHTEET.....	49

1 JOHDANTO

Lentopallo on yksi räjähtävimmistä ja nopeatempoisimmista joukkuelajeista. Laji vaatii paljon voimaa, tehoa, ketteryyttä ja nopeutta sekä lisäksi huolellisia peli strategioita. Hyppy muodostavat suurimman osan lentopallopelin tehosuorituksista. Lisäksi tehosuorituksia ovat pyrähdykset, suunnan muutokset ja pallon haut. Vertikaalinen hyppykyky on tärkeä ominaisuus lentopalloilijan menestyksessä. Taidokkaan pelaajan tarvitsee hyvän nousukorkeuden lisäksi savuttaa maksimaalinen korkeus mahdollisimman nopeasti. Iskulyönnin lyöntinopeuden on havaittu korreloivan mm. korkeuteen, missä pelaaja kohtaa pallon, voimaharjoittelu tuntien ja pelaajan painoindeksin kanssa. (Kraemer & Häkkinen 2002, 108-109; Powers 1996; Forthomme ym. 2005)

Anaerobisia energian lähteitä käytetään pääasiassa lentopallossa. Suurin osa energiasta tulee ATP:stä ja kreatiinifosfaatista. Vain vähän käytetään anaerobista glykolyysiä. Menestyksekkään pelaajan energiasta 90 % on arvioitu tulevan anaerobisista energian lähteistä ja vain 10 % aerobisista energian lähteistä. Aerobinen kapasiteettia lentopalloilija tarvitsee toipumiseen pallorallien välille korkea tehoisista suorituksista. (Kraemer & Häkkinen 2002, 109)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla lihasaktiivisuutta ja voimia lentopallon lajisuorituksissa ja joissakin käytetyissä hyppyharjoituksissa. Tavoitteena oli selvittää hyppyharjoitteiden lajinomaisuutta. Tutkittavina muuttujina olivat voimantuotto, kontaktiaika, polvikulmat ja lihasaktiivisuus.

2 NAISTEN PELIANALYYSI

Lentopallo on todella nopeatempoinen laji, jossa tarvitaan korkeaa tehoa. Eliittimieslentopalloilijoiden on havaittu tekevän 250 - 300 korkea tehoista suoritusta viiden pelin aikana. Näistä tehosuorituksista yli 50 % on hyppyjä, 30 % on juoksu pyrähdyksiä ja 12 - 16 % on pallon hakuja. Eliitti naislentopalloilijoilla on havaittu olevan keskimäärin noin 12 hyppyä pelissä vaihdellen jopa 35 hyppyyn peliä kohti. (Kraemer & Häkkinen 2002, 108)

Lentopallossa on juokseva pisteenlaskusysteemi. Virallisissa peleissä pelataan kolmesta 25 pisteen voittoerästä. Mahdollinen viides erä pelataan 15 pisteeseen. Yhden pallorallin kesto miesten huipputasolla on noin viisi sekuntia.

2.1 Pallojen kestot ja pallorallien määrät

Kiviojan naisten kansainvälisen tason peleistä (EM pronssiottelu Ukraina – Bulgaria ja EM -finaali Venäjä – Italia 30.9 2001) tekemän pelianalyysin mukaan pallot kestivät keskimäärin kuusi sekuntia. Pisimmät pallot olivat noin 24 - 32 sekuntia. Pallojen välillä tauot ovat noin 24 sekunnin pituisia, johon on laskettu kaikki erien aikaiset ja väliset tauot (aikalisä 1 min ja erien välissä 3,5 min) (Taulukko 1). Työ- ja lepoajoissa on vähän vaihtelua erien välillä. Pallojen lukumäärä on suorassa suhteessa erän pituuteen. (Kivioja 2002.)

TAULUKKO 1: Työ- ja taukoajojen keskiarvot (Kivioja 2002.)

	Työ	Tauko	Erän kesto	Pallojen lmk.
KA	00:06	00:24	20:38	46,5
Pisin	00:32		22:10	48
Lyhin	00:01	00:09	19:13	43

Keskimäärin naisten lentopallo-ottelun erä kestää 20 min 38 sekuntia. Erä jakautuu noin 46 palloralliin, jotka päättyvät yleensä ensimmäiseen hyökkäykseen (61 %). Vaikka

ensimmäinen hyökkäys on suuressa asemassa myös toisella ja kolmannella hyökkäyksellä on merkitystä (23 % ja 7-10 %). Hyökkäyspeli ei ole vienyt puolustuspelin arvokkuutta ottelun ratkaisussa. (Kivioja 2002.)

2.2 Teho pelipaikoittain

Taulukossa 2 on esitetty pelaajien tehosuorituksia pelaaja paikoittain. Tehosuorituksina on laskettu hyppy, vauhti ja pyräys. Pelipaikat tarkoittavat passarin, yleispelaajan, keskitorjujan, yleispelaajan, hakkurin ja liberon paikkoja. Lisäksi yleispelaajat ja keskitorjujat on jaettu erän edestä ja takaa aloittaviin. (Kivioja 2002.)

Aloitusjärjestys vaikuttaa selkeästi työmäärään. Tehosuoritusten painotus on selkeästi etukentällä. Hyppyjä tulee pelissä eniten keskitorjujille. Etukentältä lähtevälle keskitorjujalle tulee enemmän hyppyjä kuin takakentältä lähtevälle keskitorjujalle. Yleispelaajille tulee pelissä hyppyjä vähiten, mutta hyppyjä tulee enemmän etukentältä lähtevälle pelaajalle. Hakkurin hyppymäärät liikkuvat yleispelaajien ja keskitorjujien välillä. Pyrähdysiksi tulee eniten passarille ja vähiten keskitorjujille. Keskitorjujat korvataan usein takakentällä liberolla, mistä selittyy osin pyrähdysten vähäinen määrä.

TAULUKKO 2: Keskimääräiset tehosuoritukset erässä pelipaikoittain (Kivioja 2002.)

	Passari		Yp.Etu		Yp.Taka		Kt. Etu		Kt. Taka		Hakkuri		Libero
	etu	taka	etu	taka	etu	taka	etu	taka	etu	taka	etu	taka	taka
Hyppy	13,0	7,8	15,0	0,3	12,6	0,3	23,4	0,1	17,9	0,1	13,9	2,8	
Vauhti	0,2	0,1	6,9	0,3	6,3	0,3	8,2	0,1	5,8	0,1	6,7	3,0	
Pyräys	5,8	8,9	1,4	1,2	1,5	1,0	0,9	0,7	0,6	0,8	1,4	1,6	4,5
Summa	19,0	16,8	23,3	1,8	20,3	1,6	32,6	0,9	24,4	1,0	22,1	1,0	4,5

Ketteryytenä pidetään kykyä vaihtaa suunta. Tyypillisen pallon aikana pelaaja vaihtaa suuntaa keskimäärin neljä kertaa. Korkea ketteryystaso vaatii eksentristä voimaa ja lyhyttä aikaa eksentrisestä lihastyöstä konsentriseen lihastyöhön. (Kraemer & Häkkinen 2002, 109.)

2.3 Naisten ja miesten pelianalyysin eroja

Naisten pallorallit kestävät keskimäärin pidempään kuin miesten pallorallit eli naisten pelissä pallo ylittää verkon useammin. Miesten pallorallien väliset tauot ovat keskimäärin kolme sekuntia pidempiä kuin naisten pallorallien väliset tauot. Pallojen välisistä tauoista johtuen miesten erän kesto on noin puolitoistaminuuttia pitempi kuin naisilla. Naisilla tehosuorituksia ei tule läheskään joka pallossa. Uudet sääntömuutokset eivät vaikuta yhtä voimakkaasti naisten peliin kuin miesten peliin. (Kivioja 2002.)

Naisten ottelussa passari joutuu vähemmälle rasitukselle kuin miesten ottelussa. Miesten ottelussa passari hyppää keskimäärin 15.5 kertaa etukentällä ja 14 kertaa takakentällä. Naisten ottelussa passarit hyppäävät keskimäärin etukentällä 13.0 ja takakentällä 7.8 kertaa. Naisyleispelaajilla tulee enemmän hyppyjä kuin miesyleispelaajilla. Naiskeskipelaajille tulee ottelun aikana enemmän hyppyjä kuin miespelaajilla. Miesten ja naisten hakkureilla tuleen suunnille etukentällä saman verranhyppyjä, mutta mieshakkureille tulee enemmän hyppyjä takakentällä kuin naishakkureille. Liberolle tulee hiukan enemmän suorituksia naisten ottelussa kuin miesten ottelussa. (Kivioja 2002.)

3 HYPPYTEKNIIKAT LENTOPALLOSSA

3.1 Iskulyönti

Hyökkäyksellä tehdään eniten pisteitä lentopalloissa. Hyvä fyysinen suorituskyky ja perustekniikka ovat pohjana tehokkaalle iskulyönnille. Iskulyöntiponnistus on teknillisesti vaikeimpia suorituksia lentopalloissa. Teknillisesti iskulyöntiponnistus on jaettu viiteen osaan: vauhtiin, ponnistukseen, ilmalennossa vartalon liike, ilmalennossa käden liike ja alastulo. (Samson & Roy 1976.)

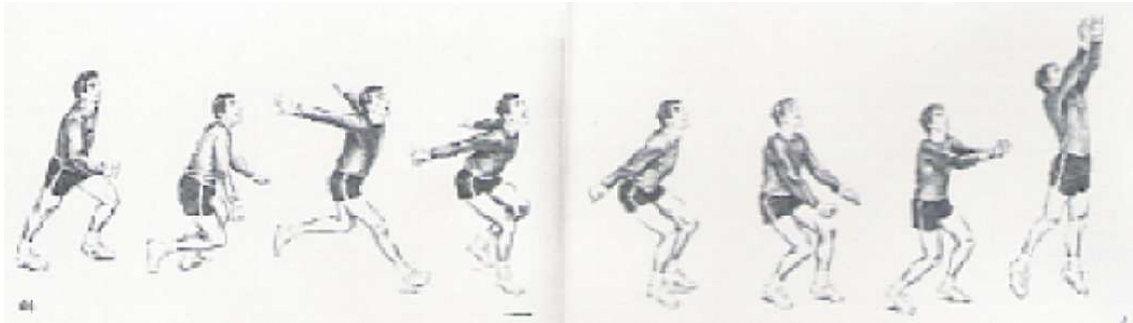
3.1.1 Iskulyönnin vauhti ja ponnistus

Ponnistuspaikkaa lähestytään 2-4 askeleella. Askelten määrän ratkaisee etäisyys ponnistuspaikasta. Kaksi vauhtiaskelta ja ponnistus on yleisimmin käytetty lähestymistekniikka. Vauhdin nopeus ja suunta riippuu pelitilanteesta. Keskimääräinen horisontaali lähestymisnopeus USA:n naishuippulentopalloilijoilla on 3,55 m/s. Vauhdin viimeinen askel on muita pitempi. Kädet heilahtavat taakse vauhdin aikana ennen ponnistusta (Kuva 1) (Lucas 1993, 52). Viimeisellä askeleella ennen kontaktia kehon painopisteen aleneminen alkaa ja jatkuu ponnistusvaiheessa (Samson & Roy 1976). Askeliin tulee olla liukuvia, kevyitä ja rytmisiä. Askeliin aikana pelaajan tulisi saavuttaa 85 - 90 prosenttia maksimaalisesta juoksuvauhdistaan. Jokaisella pelaajalla on tietty vauhti, jolla saavuttaa maksimi hyppykorkeuden ilman erillistä kontrollia. (Selinger 1986, 87- 88.)

Ponnistus alkaa kantapäiden osuessa lattiaan. Ponnistus kestää USA:n naishuippulentopalloilijoilla keskimäärin 0.26 sekuntia. Edullisin kulma jalkaterien välillä ponnistuksen aikana on 45°, jolloin saadaan horisontaalivauhti muunnettua vertikaalivauhdiksi. Ponnistuksen aikana nilkan, polven ja lantion kulmat vaihtelevat yksilöllisesti. Nilkan kulma on ponnistukseen tullessa 57-99°, polven tulokulma on 124-145° ja lantion tulokulma on 121-164°. Samson & Roy (1976) mukaan vastaavat ponnistukseen tulokulmat ovat 65°, 110° ja 115°. Polvikulma ei saisi muuttua kontaktin aikana. Samson & Roy (1976) havaitsivat polvikulman pienenemistä kontaktin aikana. Lähtökulma ponnistuksesta oli

nilkalle 125°, polvelle 165° ja lantiolle 170° (Samson & Roy 1976). (Selinger 1986, 89 - 90.)

Jotta iskulyönti olisi mahdollisimman tehokas, pelaajan ponnistuspaikka pitää olla riittävästi passin takana, ettei pelaaja joudu pallon alle lyöntilanteessa. Ponnistuspaikalla pallon tulee olla käsivarren mitan verran lyöjän etupuolella. (Selinger 1986, 92.)

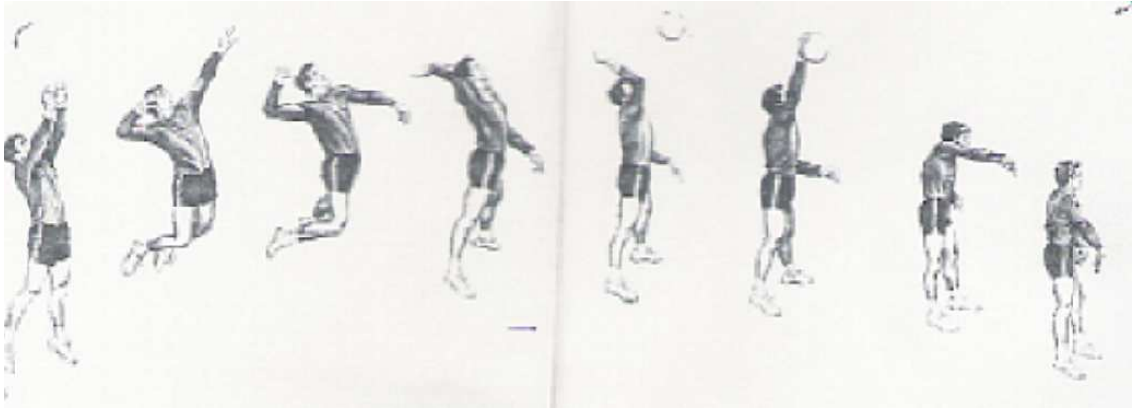


KUVA 1. Iskulyönnin vauhti ja ponnistus (Lucas 1993, 66-67).

3.1.2 Iskulyönnin ilmalento ja alastulo

Ponnistuksen jälkeen keho nousee ja molemmat kädet heilahtavat eteenpäin kyynärpäät koukussa (Kuva 2). Vartalosta tuotetaan ilmalennon aikana voimaa vastaliikkeiden avulla. Liike alkaa vartalosta. Seuraavaksi liikkuu ylempi käsivarsi, jota seuraa alempi käsivarsi. Viimeisenä käsi kurottuu lyömään palloa (Kuva 2). Jokaisessa liikkeeseen kuuluu myös liikkeen hidastaminen, kun energiaa siirretään kehon seuraavaan osaan. Esimerkiksi kun vartalo hidastuu, ylemmän käsivarren liike kiihtyy. Käden heilahdustekniikoita on useita. Iskulyönnissä tarkoituksena on lyödä palloa niin korkealta kuin mahdollista. (Selinger 1986, 92; Lucas 1993, 60 - 61.)

Laskeutumisen tulee tapahtua mahdollisimman pehmeästi, jotta niveliin kohdistuva tärähdys olisi pieni. Varpaat osuvat ensin maahan, jonka jälkeen polvet koukistuvat. Kahden jalan alastulo on suositumpi kuin yhden jalan alastulo. Kahdelle jalalle laskeuduttaessa asento on vakaampi ja voima jakautuu kahdelle jalalle. (Selinger 1986, 98 – 99.)



KUVA 2: Iskulyönnin ponnistus (Lucas 1993, 66 - 67).

3.2 Torjunta

3.2.1 Valmiusasento ja liikkuminen torjuntaan

Torjunnan valmius asennossa pelaaja seisoo haara-asennossa, jalat hartioiden leveydellä tai leveämmällä. Paino on päkiöillä. Pelaaja on kohtisuoraa verkkoa kohti. Kädet ovat edessä koukussa, kämmenet avoinna. Selkä on suorana ja polvet koukussa. Jalat ovat n. 50-60° kulmassa siten, että polvet ovat suoraan varpaiden yläpuolella ja pakarat suoraan kantapäiden yläpuolella. (Lucas 1993, 110; Selinger 1986, 174.)

Torjunta voi tapahtua pelitilanteessa suoraan paikalta, yhdellä sivuaskeleella tai ristiaskeleella. Sivuaskeleen aikana torjuja on koko ajan rintamasuunta verkkoa kohti (Kuva 3). Keskihyökkääjät käyttävät laitaan liikkeessään ristiaskelliikkumista. Liikkumisessa tulee avaava askel sivulle, jota seuraa ristiaskel ja sen jälkeen askel viereen ja ponnistus. (Lucas 1993, 113-115.)



KUVA 3: Sivuaskel torjuntahyppyyn (Lucas 1993, 113).

3.2.2 Ponnistus, ilmalento ja laskeutuminen

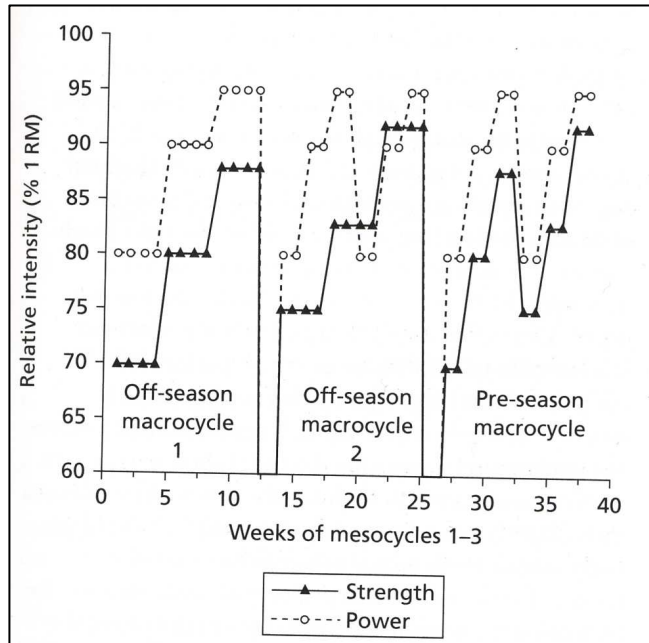
Ponnistus lähtee valmiusasennosta. Ponnistuksessa kehon painopiste alenee ja käsiä painetaan alaspäin. Polvet ovat ponnistusvaiheessa noin 90° kulmassa. Ponnistus vaiheen aikana pelaaja pitää selän suorana ja katseen pallossa. Torjunta hyppy tapahtuu suoraan ylöspäin. Pelaajalla ei ole aina aikaa koukistaa polvia yli valmiusasennon. (Selinger 1986, 174.)

Ilmalennon aikana, ennen kontaktia palloon, pelaajan tulee jännittää hartia- ja vatsalihakset. Jalat ovat koko ilmalennon aikana suorana polvista. Pää tuodaan ilmalennon aikana lähemmäs hartioita. Katse pysyy pallossa koko ajan. Torjujien ei välttämättä tarvitse aina hypätä kovin korkealle esimerkiksi keskitorjujien torjuessa nopeaa tempoa. Laskeutuminen tapahtuu pehmeästi varpaille. Polvia koukistetaan laskeutumisen vaimentamiseksi. Pelaajan tulee laskeutua molemmille jaloille. Tällöin tasapaino pidetään parhaiten yllä. Keskitorjujalle voi olla hyötyä laskeutua yhdelle jalalle valmistautuessaan nopeaan liikkeeseen heti torjunnan jälkeen esimerkiksi hypättäessä ensin matala hyppy keskelle ja liikkuminen heti laitaa. (Selinger 1986, 174, 178.)

Dufek & Zhang tutkivat eliittilentopalloilijoiden laskeutumistyyliä torjuntahypystä ennen kautta, kauden aikana ja kauden jälkeen. Hypyistä analysoitiin maksimaalinen

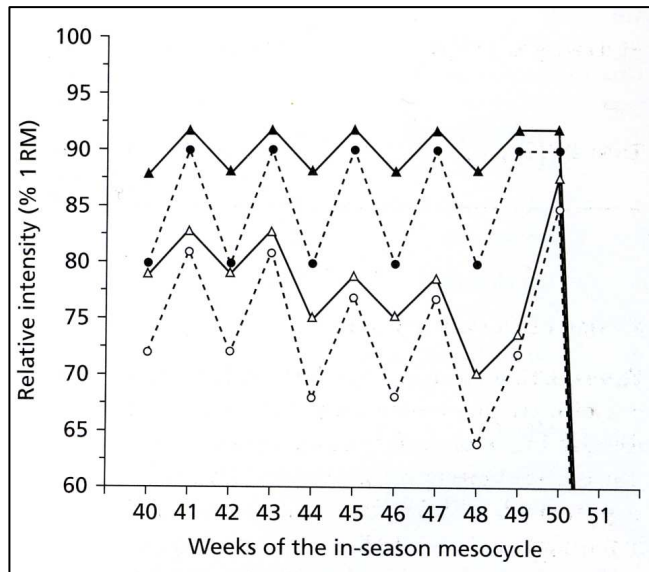
vertikaali voima ja polvinivelen liikelaajuus. Myös hyppykorkeus otettiin huomioon. Testijakson aikana tapahtui maksimaalisen vertikaalivoiman ja polvinivelen liikelaajuuden muutoksia. (Dufek & Zhang 1996.)

jotta harjoitteet pysyisivät mahdollisimman lajinomaisina. Voimaharjoittelusta paljon toteutetaan lajinomaisina esimerkkinä hyppy ja pyrähdykset. (Kraemer & Häkkinen 2002, 108-109; Tuominen & Sadalski 1989, 353-354.)



KUVA 4. Harjoittelun suhteelliset intensiteetit harjoittelukauden kahdelle osalle ja kilpailuun valmistavalle kaudelle (Kraemer & Häkkinen 2002, 111).

Voimaharjoitteluun keskitytään eniten kaudenjälkeisellä ajalla, jolloin pystytään käyttämään enemmän aikaa kentän ulkopuoliseen harjoitteluun (Kuva 4). Kauden lähestyessä kuntosalilla vietetään vähemmän aikaa ja panostetaan voiman hyödyntämiseen kentällä. Kaudella voimaharjoittelu on vähäistä. Tällöin pyritään ylläpitämään kaudenulkoisella hankittua voimaa. Kilpailukaudella voimaharjoittelun määrä on vähentynyt noin kahteen kertaa viikossa ja liikkeiden määrä voimaharjoituksissa vähentynyt. Kuvassa 5 näkyy kilpailukauden aikainen voimaharjoittelun suhteellinen intensiteetti. (Kraemer & Häkkinen 2002, 111-113.)



KUVA 5. Kilpailukauden aikainen voimaharjoittelun painottuminen lentopalloissa. Kuvassa ▲ = raskas voimapäivä, △ = kevyt voimapäivä, ● = raskas tehopäivä ja ○ = kevyt tehopäivä. (Kraemer & Häkkinen 2002, 111)

5 BIOMEKAANISTEN TEKIJÖIDEN MITTAAMINEN HYP- PYSUORITUKSESSA

5.1 Voimamittaukset

Voimalevyä on käytetty biomekaniikassa useita vuosia tutkittaessa ulkoisia voimia ihmisen liikkeissä. Voimalevy mittaa alustaan kohdistuvia reaktiovoimia kolmiulotteisesti, jotka pitävät sisällään vertikaalivoiman ja kaksi alustan suuntaisesta voimasta. Kaksi alustan suuntaista voimaa ovat eteen ja taakse suunnat sekä mediaalinen ja lateraalinen suunta. (Winter 2005, 96.)

Ravn ym. (1999) käyttivät voimalevyä tutkiessaan hyppystrategiaa kahdessa hypyssä, kevennys- ja staattisessa hypyssä, balettianssijoilla ja lentopalloilijoilla. Hertough & Hue (2002) vertailivat kahta menetelmää, voimalevyä ja hyppyteho kaavoja hyppy ja kurotustestissä, lentopalloilijoiden hyppyjä arvioitaessa. Heidän tutkimustensa mukaan kaavat aliarvioivat huipputehon. Heidän mittauksessaan vertikaalikomponentille virhe oli 1 % ja horisontaalikomponenteille 4 %. Hewett ym. (1996) käyttivät voimalevyanturia määrittäessään maanreaktiovoimaa naislentopalloilijoilla. Reaktiovoiman avulla voidaan laskea vertikaalihyppyjen teho. Hämäläinen (1993) tutki Pro gradu -tutkielmassaan hyppyharjoitteiden ja lajihyppysuoritusten alustaan kohdistuvia reaktiovoimia mieslentopalloilijoilla.

5.2 Lihasaktiivisuusmittaukset

Lihasaktiivisuuden suuruutta määräävät toiminnassa olevien motoristen yksiköiden määrä ja syttymisfrekvenssi ja syttyvien motoristen yksiköiden tyyppi. Motorinen yksikkö on α - motoneuroni ja sen hermottavat lihasfiiberit. Motorisia yksiköiden tyyppien määrittely perustuu fysiologisiin ominaisuuksiin kuten supistumisnopeuteen ja uupumusherkkyyteen. Motorisen yksiköiden tyypit ovat hidas, nopea ja uupumusta kestävä sekä nopeasti ja helposti uupuva. Lisäksi lihasaktiivisuuden suuruuteen vaikuttavat syttymisen samanaikaisuus eli synkronisaatio. (Marletti & Parker 2004, 2-3.)

Hämäläinen (1993) tutki Pro gradu –tutkielmassaan lihasaktiivisuuksia jalasta mieslentopalloilijoilta lajihyppysuorituksissa ja hyppyharjoitteissa. Hän mittasi lihasaktiivisuutta dominoivan jalan kuudesta eri lihaksesta Beckmanin pintaelektrodeilla. Ravn ym. (1999) mittasivat lihasaktiivisuutta pintaelektrodeilla kuudesta eri lihaksesta tutkiessaan hyppystrategiaa kahdessa hypyssä, kevennys- ja staattisessa hypyssä, balettianssijoilla ja lentopalloilijoilla.

6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla iskulyönnin, torjuntahypyn ja ristiaskelvauhti torjuntahypyn lihasaktiivisuuksia kolmesta lihaksesta, voimia, kontaktiaikaa ja polvikulmamuuksia yhdeksään hyppyharjoitteen, kevennyshyppyyn ja hyppyyn ilman kevennystä. Tarkoituksena oli vertailla hyppyharjoitteiden lajinomaisuutta.

Tutkimusongelmat:

1. Onko iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden kontaktiajoilla, lihasaktiivisuuksilla, polvikulmilla ja voimilla yhteyttä.
2. Onko paikallaan torjunnan ja hyppyharjoitteiden kontaktiajalla, lihasaktiivisuuksilla, polvikulmilla ja voimilla yhteyttä.
3. Onko ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden kontaktiajalla, lihasaktiivisuuksilla, polvikulmilla ja voimilla yhteyttä.

Hypoteesit:

H₀: Iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden, paikaltaan torjunnan ja hyppyharjoitteiden, ja ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden kontaktiajat, lihasaktiivisuudet, polvikulmat ja voimat eroavat merkittävästi toisistaan.

H₁: Iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden, paikaltaan torjunnan ja hyppyharjoitteiden, ja ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden kontaktiajat, lihasaktiivisuudet, polvikulmat ja voimat ovat samankaltaisia.

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä oli kymmenen naislentopalloilijaa, joilla kaikilla oli usean vuoden kokemus lentopallosta. Koehenkilöistä yhdeksän pelasivat I- tai II- sarjassa lentopalloa ja yksi koehenkilöistä oli SM -rantalentopalloilija. Taulukossa 3 näkyy pelaajien ikien, pituuksien, painojen ja painoindeksien keskiarvot ja keskihajonnat ($ka \pm SD$).

Taulukko 3. Koehenkilötiedot.

n	ikä	pituus	paino	BMI
10	24,8±3,9	173,9±5,5	67,5±9,5	22,2±2,2

7.2 Mittausmenetelmät

Koehenkilöt suorittivat kolme eri lajihyppysuoritusta ja yhdeksän erilaista hyppyharjoitetta. Lisäksi koehenkilöitä mitattiin kevennyshyppy ja hyppy ilman kevennystä. Jokainen hyppy tai hyppysarja toistettiin kolme kertaa, joista paras huomioitiin. Hyppyjen välillä oli noin minuutin palautuminen. Hyppysarjojen ja eri hyppyjen välillä palautumisaika oli noin kaksi minuuttia. Ennen hyppyjen mittaamista koehenkilöt suorittivat omatoimisen lämmittelyn, joka oli kestoltaan noin seitsemän minuuttia. Lämmittely sisälsi hölkkää, pieniä juoksu pyrähdyksiä ja puolitehoisia lämmittelyhyppyjä.

Lajisuorituksina olivat iskulyönti, torjunta paikaltaan ja torjunta ristiaskelvauhdilla sivulle. Ristiaskelvauhdilla suoritettuna torjunnan koehenkilöt saivat suorittaa valitsemaansa suuntaan. Suoritustekniikka lajisuurituksissa oli vapaa, eikä sitä kontrolloitu.

Hyppyharjoitteina olivat tasaloikat, pudotushyppy kolmesta eri korkeudesta kahdella eri tekniikalla, vuoroloikat ja matalat aitahyppy. Tasaloikissa suoritettiin neljän hypyn sarja, joista kolmas hyppy analysoitiin. Pudotushyppy suoritettiin 20cm, 40cm ja 60cm korkeuksilta. Toisessa pudotushyppytekniikassa tarkoituksena oli ponnistuksen suoritus mah-

dollisimman pienellä kulmamuuutoksella ja toisessa pudotushyppytekniikassa tarkoituksena oli polvikulman käynti 90 asteessa, joista käytettiin nimeä sammakkohyppy. Vuoroloikissa tehtiin viidenloikan sarja, joista toinen hyppy analysoitiin. Aitahypyissä hyppättiin kolme aitaa, joista toinen hyppy analysoitiin. Aitojen korkeus oli 60cm.

Mittaus tapahtui Jyväskylän yliopiston vanhan biomekaniikan laboratorion voimalevyillä. Kahdeksan sarjaan kytkettyä voimalevyä päällysti tartan matto. Voimalevyillä mitattiin alustaan kohdistuvia reaktiovoimia pysty- ja pituussuunnassa. Polvikulmat mitattiin goniometrillä, joka oli kiinnitetty oikeaan jalkaan. Lihasaktiivisuutta mitattiin oikean jalan ulommasta reisilihaksesta, suorasta reisilihaksesta ja kaksoiskantalihaksesta bipolaarisilla pintaelektrodeilla, joiden napojen välinen etäisyys oli 2cm. Elektrodit oli kiinnitetty distaalisen jänteen ja motorisen pisteen puoliväliin. Iho oli valmisteltu ennen elektrodien laittoa. Ihonvalmisteluun kuului ihokarvojen poisto, kuolleiden ihosolujen poisto hiomapaperia käyttäen ja ihon puhdistaminen desifointiaineella.

Lihasaktiivisuus kerättiin telemetrisesti (Medinic AC I, V ja VII). Lihasaktiivisuuden keräystaajuus oli 1000Hz. EMG lähettimet kiinnitettiin ideaalisiteen ja jämäkän joustokangasvyön avulla koehenkilöiden vyötäröille. EMG-, goniometri ja voimasignaali muunnettiin analogisesta digitaaliseksi AD muuntimen avulla (CED, Power 1401) ja tallennettiin tietokoneelle. Mittauksessa käytettiin signal tietokoneohjelmaa.

7.3 Tulosten analysointi ja tilastollinen analyysi

Tarkoituksena oli analysoida konsentrisen ja eksentrisen vaihe kulmasignaalista, mutta vaiheen määrittäminen oli mahdotonta kulman ollessa pitkään alimmassa kulmassa, jolloin impulsseissa oli paljon vaihtelua, ja siksi voimaksi ei tullut todellisia arvoja. Voimasignaalista analysoitiin lentoaika ja kontaktiaika. Lentoajan perusteella laskettiin nousukorkeus kaavalla $gt^2/8$. Nousukorkeudesta laskettiin lähtönopeus, josta määritettiin hypyn impulssi. Impulssin avulla määritettiin konsentrisen ja eksentrisen vaihe. Konsentrisen ja eksentrisen vaiheesta määritettiin suurin ja keskiarvoinen vertikaalinen voima. Kulma signaalista saatiin määritettyä kulma konsentrisen ja eksentrisen alussa ja lopussa. Lihasaktiivisuuksista määritettiin RMS eksentriselle ja konsentriselle vaiheelle. Aitahypyissä ja pudotushypyssä 40 cm korkeudesta saatiin vain yhdeksän koehenkilön

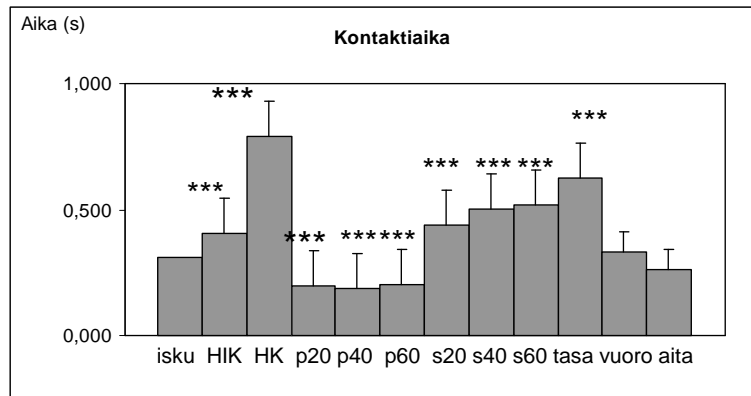
tahypyissä ja pudotushypyssä 40 cm korkeudesta saatiin vain yhdeksän koehenkilön tiedot. Osassa lihasaktiivisuus mittauksessa oli paljon häiriötä, joten kaikkia hyppyjä ei voitu hyväksyä osalla koehenkilöistä lihasaktiivisuuden osalta.

Tilastollisessa analysoinnissa käytettiin Excel tietokoneohjelmaa. Lentoajasta, kontaktiajasta, voimista, lihasaktiivisuuksista ja polvikulmista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Tilastollinen merkitsevyys laskettiin parillisella kaksisuuntaisella t-testillä lajihyppysuorituksen ja hyppyharjoitteiden välille. Tilastollisen merkittävyyden raja oli $P < 0.05$.

8 TULOKSET

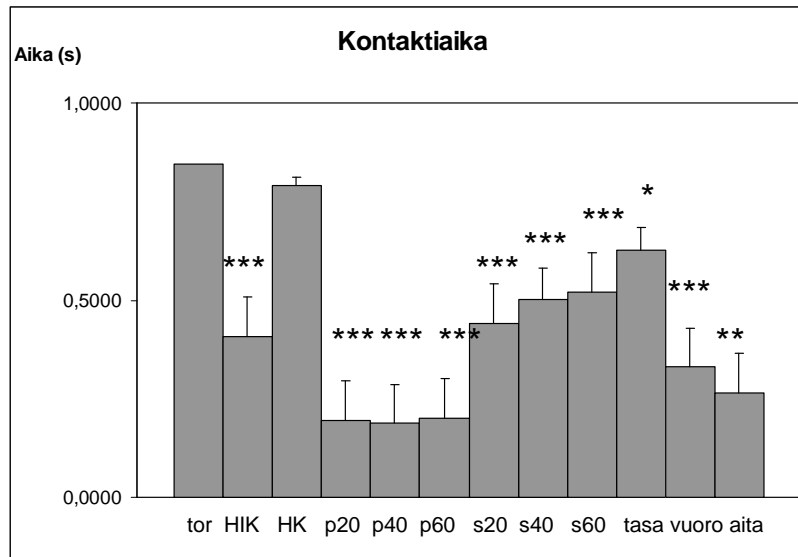
8.1 Kontaktiajat

Iskulyönnin kontaktiaika ei eronnut tilastollisesti merkittävästi vuoroloikan ja aitahyp-
pyjen kontaktiajasta ($P=0.270$ ja $P=0.235$). Kaikkien muiden hyppyharjoitteiden sekä
hypyn ilman kevennystä ja kevennyshypyn kontaktiajat erosivat tilastollisesti erittäin
merkittävästi ($P<0.001$) iskulyönnistä kontaktiajasta (Kuva 3).



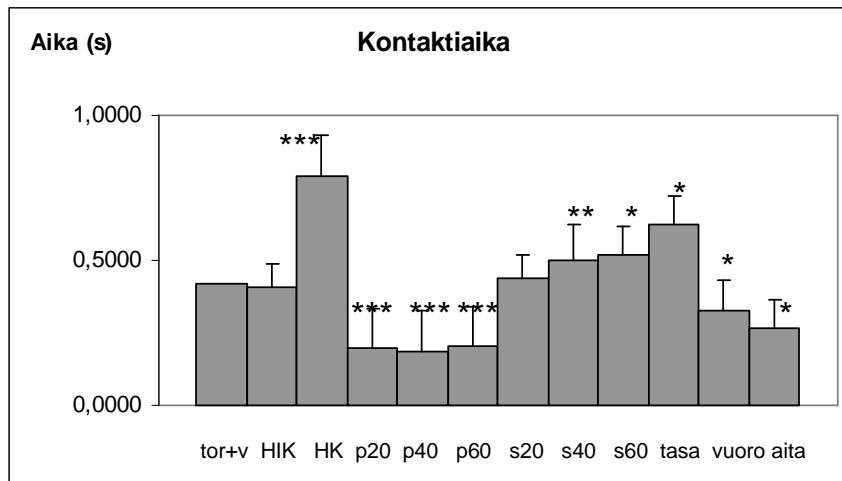
KUVA 6. Hyppyharjoitteiden kontaktiajat verrattuna iskulyönnin kontaktiaikaan. Kuvassa is-
ku= iskulyönti, HIK= hyppy ilman kevennystä, HK= kevennyshyppy, p20, p40, p60= pudotus-
hyppy 20,40 60cm korkeudesta, s20, s40, s60 = sammakkohyppy 20, 40, 60cm korkeudesta,
tasa= tasaloikka, vuoro= vuoroloikka ja aita= aitahyppy.

Torjuntahypyn kontaktiaika ei eronnut tilastollisesti merkittävästi kevennyshypyn kon-
taktiajasta ($P=0.245$). Kaikkien pudotushyppyjen, vuoroloikan ja hypyn ilman keven-
nystä kontaktiajat erosivat tilastollisesti erittäin merkittävästi ($P<0.001$) torjuntahypyn
kontaktiajasta (Kuva 7). Aitahypyn ja tasaloikan kontaktiajat erosivat tilastollisesti mer-
kittävästi ($P<0.01$ ja $P<0.05$) torjuntahypyn kontaktiajasta (Kuva 7).



KUVA 7. Hyppyharjoitteiden kontaktiajat verrattuna torjunnan kontaktiaikaan. Kuvassa tor= torjunta, HIK= hyppy ilman kevennystä, HK= kevennyshyppy, p20, p40, p60= pudotushyppy 20,40 60cm korkeudesta, s20, s40, s60 = sammakkohyppy 20, 40, 60cm korkeudesta, tasa= tasaloikka, vuoro= vuotoloikka ja aita= aitahyppy.

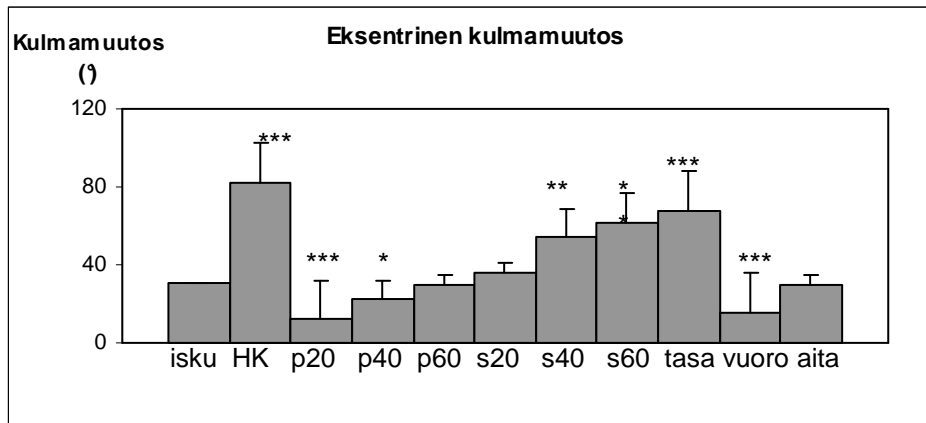
Ristiaskelvauhti torjuntahypyn kontaktiaika ei eronnut tilastollisesti merkittävästi hypyn ilman kevennystä ja sammakkohypyn 20cm korkeudesta kontaktiajoista ($P=0.685$ ja $P=0.630$) (Kuva 8). Kevennyshypyn ja pudotushyppyjen 20,40 ja 60cm korkeuksilta kontaktiajat erosivat tilastollisesti erittäin merkittävästi ($P<0.001$) ristiaskelvauhti torjuntahypyn kontaktiajasta. Sammakkohypyn 40 ja 60cm korkeuksilta kontaktiajat erosivat tilastollisesti merkittävästi ($P<0.01$ ja $P<0.05$) ristiaskelvauhti torjuntahypyn kontaktiajasta. Aitahypyn sekä vuoro- ja tasaloikan kontaktiajat erosivat tilastollisesti merkittävästi ($P<0.05$) torjuntahypyn kontaktiajasta (Kuva 8).



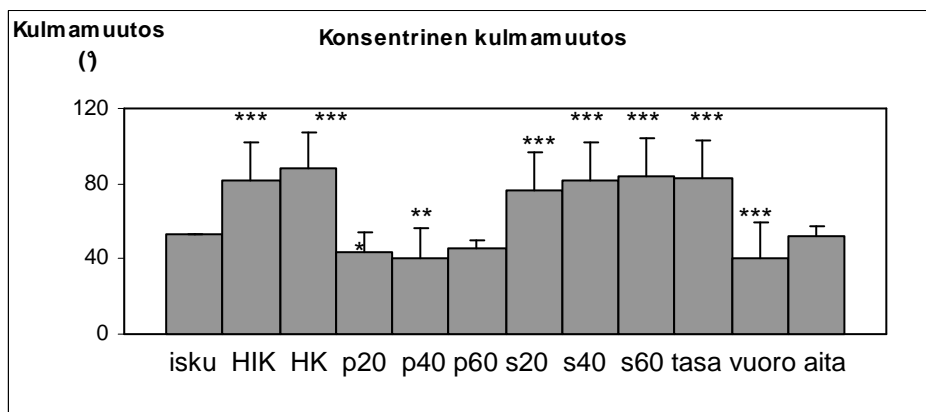
KUVA 8. Hyppyharjoitteiden kontaktiajat verrattuna ristiaskelvauhti torjunnan kontaktiaikaan. Kuvassa tor+v= ristiaskelvauhti torjunta, HIK= hyppy ilman kevennystä, HK= kevennyshyppy, p20, p40, p60= pudotushyppy 20,40 60cm korkeudesta, s20, s40, s60 = sammakkohyppy 20, 40, 60cm korkeudesta, tasa= tasaloikka, vuoro= vuoroloikka ja aita= aitahyppy.

8.2 Polvikulmat

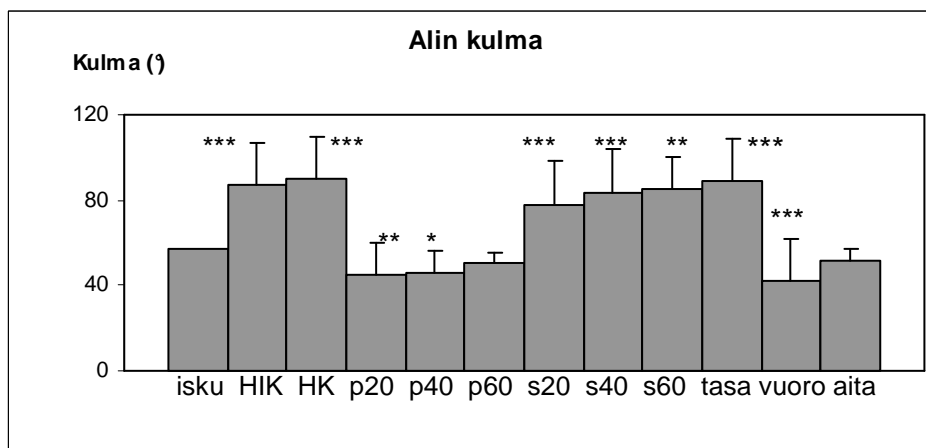
Iskulyönnin polvikulmamuutoksista ei tilastollisesti merkittävästi eronnut eksentrisen ja konsentrisen vaiheen muutoksista pudotushyppy 60cm korkeudelta ja aitahyppy (eksentrisen muutos $P=0.370$ ja $P=0.724$, konsentrisen muutos $P=0.126$ ja $P=0.856$) (Kuva 9 ja 10). Lisäksi nämä hyppy eivät tilastollisesti merkittävästi eronneet alimmasta polvikulmasta ($P= 0.211$ pudotus 60cm ja $P= 0.675$ aitahypylle). Tilastollisesti erittäin merkittävästi iskulyönnin polvikulmamuutoksista ja alimmasta polvikulmasta erosivat kevennyshyppy, hyppy ilman kevennystä, vuoroloikka ja tasaloikka ($P<0.001$). Tilastollisesti erittäin merkittävästi iskulyönnin alimmasta polvikulmasta erosi tilastollisesti merkittävästi tasaloikka, vuoroloikka, hyppy ilman kevennystä ja kevennyshyppy ($P<0.001$) (Kuva 11).



KUVA 9. Hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen kulmamuuotos verrattuna iskulyönnin vastaavaan kulmamuuotokseen.

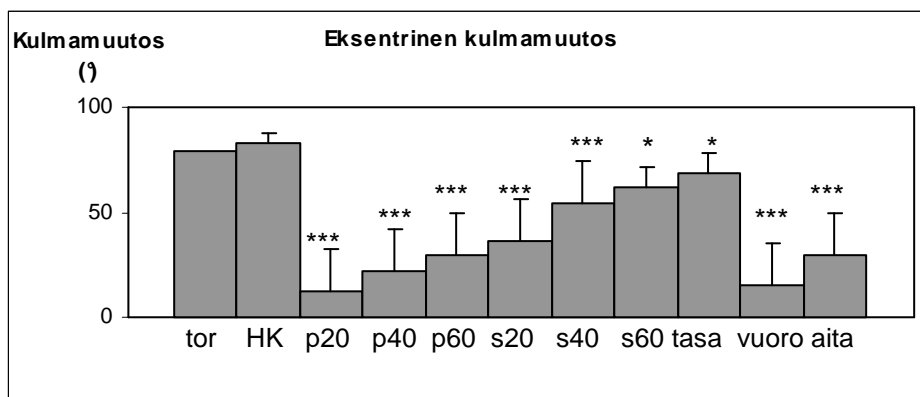


KUVA 10. Hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen kulmamuuotos verrattuna iskulyönnin vastaavaan kulmamuuotokseen.

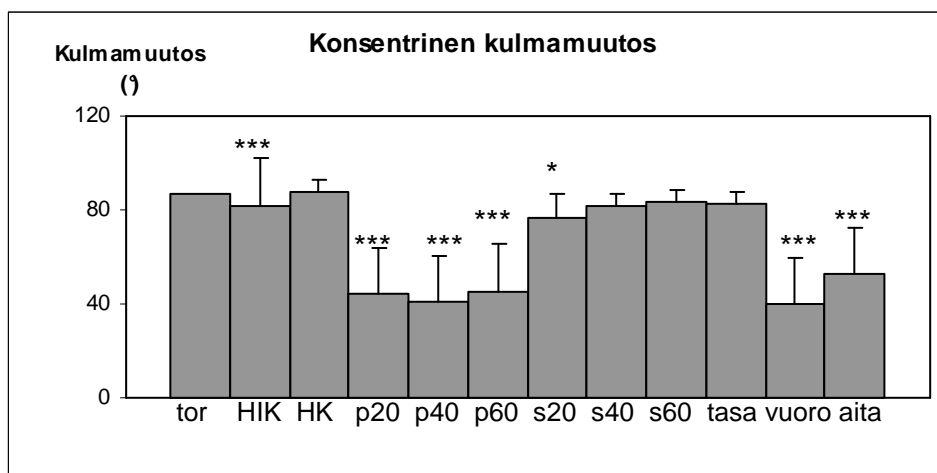


KUVA 11. Hyppyharjoitteiden alimmat polvikulmat verrattuna iskulyönnin alimman polvikulman kanssa.

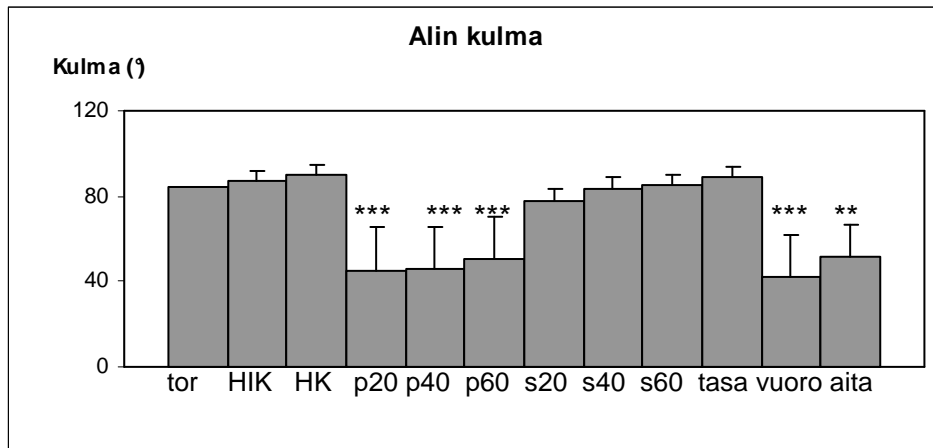
Torjunnan polvikulmamuutoksista ei tilastollisesti merkitsevästi eronnut sekä eksentrisessä että konsentrisessa kevennyshyppy (eksentriselle $P=0.199$, konsentriselle $P=0.813$) (Kuva 12 ja 13). Alimman torjunnan polvikulman kanssa tilastollisesti merkittävästi ei poikennut sammakkohyppy 20, 40 ja 60cm korkeudesta sekä tasaloikka ($P=0.071$, $P=0.921$, $P=0.930$ ja $P=0.101$) (Kuva 14). Tilastollisesti erittäin merkittävästi torjunnan polvikulmamuutoksista poikkesi pudotushyppy 20, 40 ja 60cm korkeuksilta, aitahyppy ja vuoroloikka ($P<0.001$) (Kuva 12 ja 13). Torjunnan alimmasta polvikulmasta tilastollisesti erittäin merkittävästi poikkesivat vuoroloikka ja pudotushyppy 20, 40 ja 60cm korkeuksilta.



KUVA 12. Hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen kulmamuutos verrattuna torjuntahypyn vastaavaan kulmamuutokseen

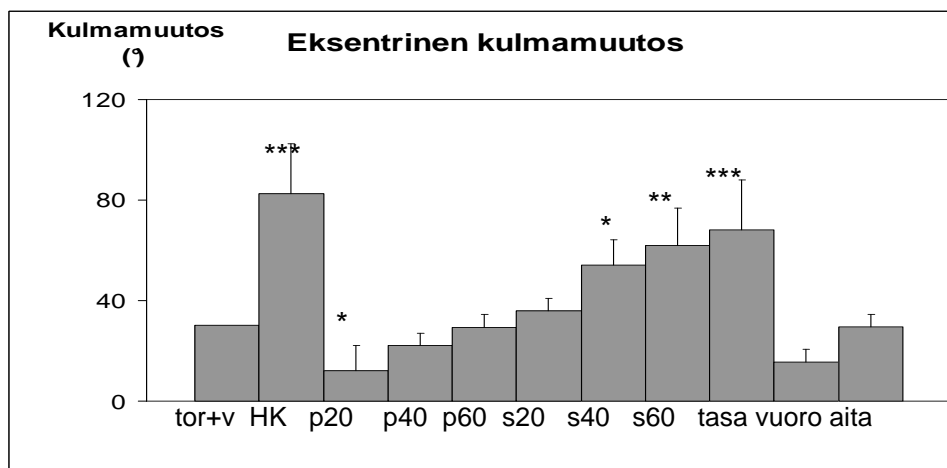


KUVA 13. Hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen kulmamuutos verrattuna torjuntahypyn vastaavaan kulmamuutokseen.

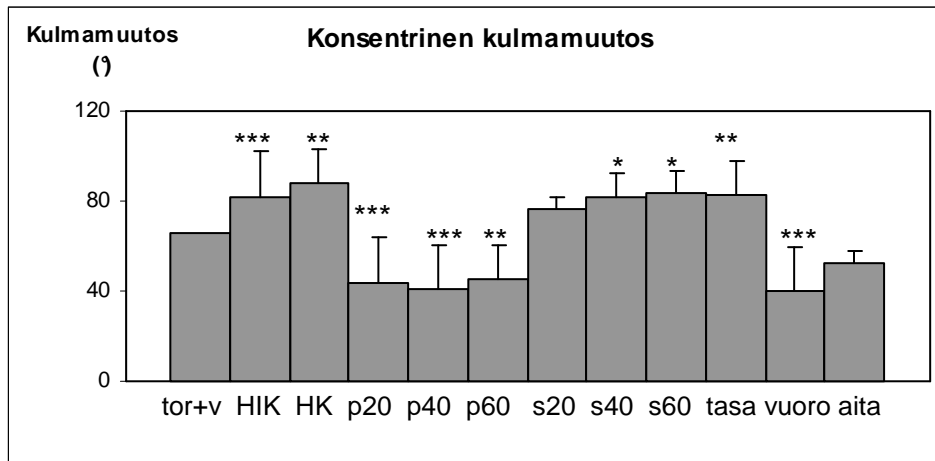


KUVA 14. Hyppyharjoitteiden alimmat polvikulmat verrattuna torjuntahypyn alimman polvikulman kanssa.

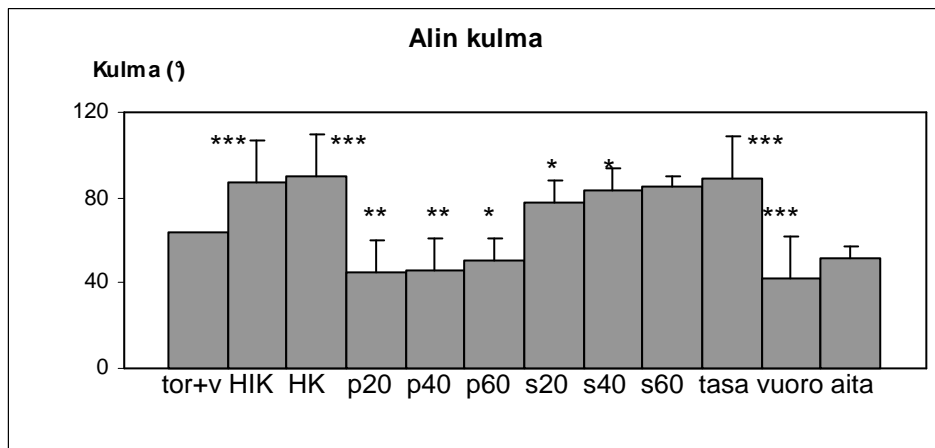
Ristiaskelvauhti torjunnan polvikulmamuutoksista ei tilastollisesti merkittävästi eronnut sekä eksentrisessä että konsentrisessä vaiheessa sammakkohyppy 20cm korkeudesta ja aitahyppy (eksentriselle $P=0.440$ ja $P=0.660$, konsentriselle $P=0.154$ ja $P=0.075$) (Kuva 15 ja 16). Ristiaskelvauhti torjunnan alimmasta polvikulmasta ei tilastollisesti merkittävästi eronnut aitahyppy. Tilastollisesti erittäin merkittävästi ristiaskelvauhti torjunnan alimmasta polvikulmasta erosivat hyppy ilman kevennystä, kevennyshyppy, vuoro- ja tasaloikka (Kuva 17).



KUVA 15. Hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen kulmamuutos verrattuna ristiaskelvauhti torjuntahypyn vastaavaan kulmamuutokseen.



KUVA 16. Hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen kulmamuuutos verrattuna ristiaskelvauhti torjuntahyppyn vastaavaan kulmamuuutukseen.



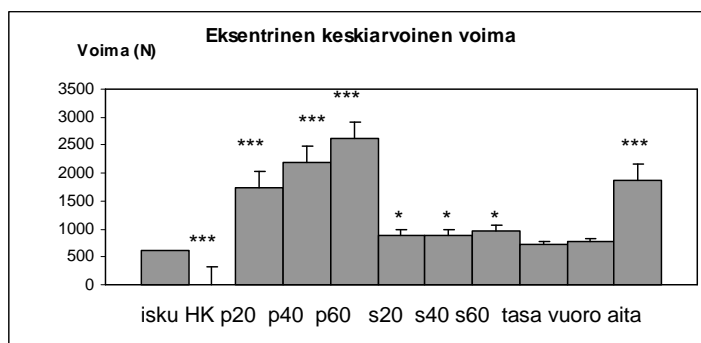
KUVA 17. Hyppyharjoitteiden alimmat polvikulmat verrattuna ristiaskelvauhti torjuntahyppyn alimman polvikulman kanssa.

8.3 Voimat

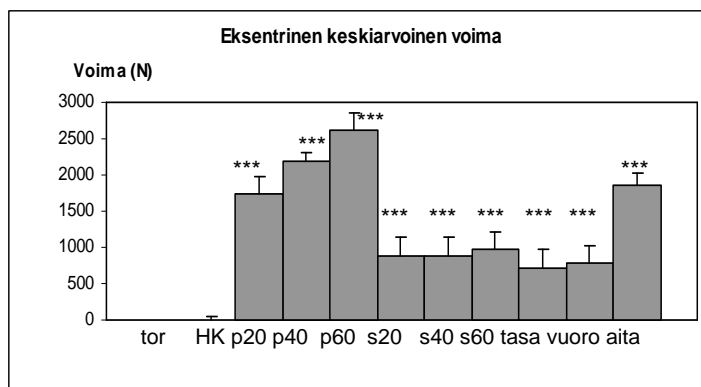
8.3.1 Eksentriset vertikaalivoimat

Vertikaalivoimat ovat suhteutettu kehon painoon. Iskulyönnin eksentrisen vaiheen keskimääräisen voiman kanssa eivät tilastollisesti merkittävästi eronneet tasa- ja vuoroloikka ($P=0.247$ ja $P=0.118$) (Kuva 18). Tilastollisesti erittäin merkittävästi iskulyönnin eksentrisen vaiheen keskimääräisestä voimasta erosivat pudotushyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksista, kevennyshyppy ja aitahyppy (Kuva 18). Tilastollisesti juuri merkittävästi

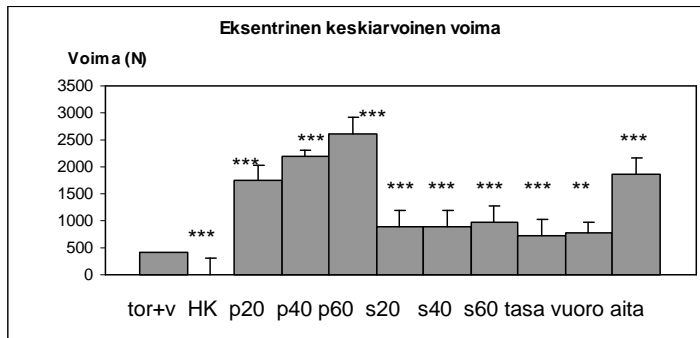
eksentrisessä vaiheessa poikkesivat sammakkohyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksilta. Torjuntahypyn ja kevennyshypyn eksentriset keskiarvovoimat eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkittävästi ($P=0.901$) (Kuva 19). Tilastollisesti erittäin merkittävästi torjunta hypyn keskiarvoisista eksentrisistä voimista erosivat pudotushyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksista, sammakkohyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksilta, aitahyppy sekä tasa- ja vuoroloikka (Kuva 19). Ristiaskelvauhti torjuntahypyn keskiarvoisista eksentrisistä voimista erosivat kaikki hyppyharjoitteet tilastollisesti merkittävästi (Kuva 20). Tilastollisesti erittäin merkittävästi erosivat kevennyshyppy, pudotushyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksista, sammakkohyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksilta, tasaloikka ja aitahyppy.



KUVA 18. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat

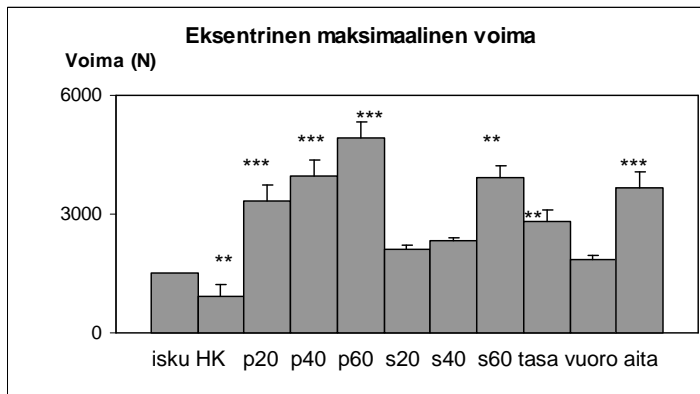


KUVA 19. Torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat.

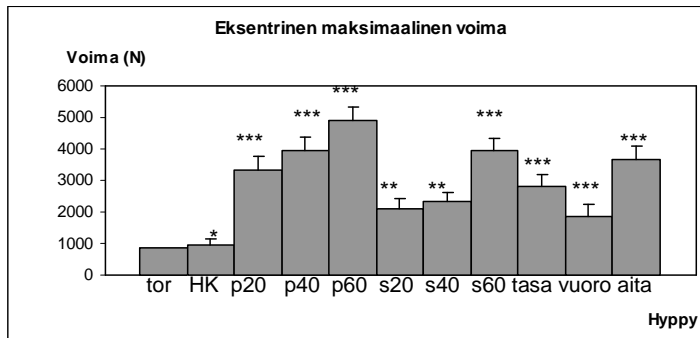


KUVA 20. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat.

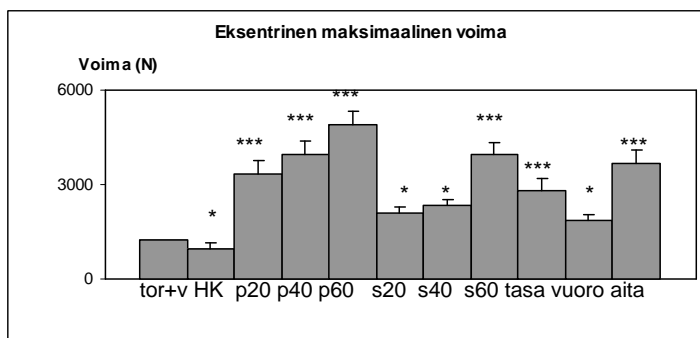
Iskulyönnin maksimaalisesta eksentrisestä voimasta eivät tilastollisesti merkittävästi eronneet sammakkohyppyt 20 ja 40 cm korkeuksista sekä vuoroloikka ($P=0.106$, $P=0.139$ ja $P=0.242$) (Kuva 21). Tilastollisesti erittäin merkittävästi iskulyönnin maksimaalisesta eksentrisestä voimasta poikkesi pudotushyppyt 20, 40 ja 60cm korkeuksista ja aitahyppy (Kuva 21). Tilastollisesti erittäin merkittävästi torjuntahypyn maksimaalisesta eksentrisestä voimasta poikkesivat pudotushyppyt 20, 40, ja 60 cm korkeuksista, sammakkohyppy 60 cm korkeudesta, aitahyppy sekä tasa- ja vuoroloikka (Kuva 22). Tilastollisesti erittäin merkittävästi poikkesivat pudotushyppyt 20 ja 60cm korkeuksista, sammakkohyppy 60 cm korkeudesta, tasaloikka ja aitahyppy (Kuva 23).



KUVA 21. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.



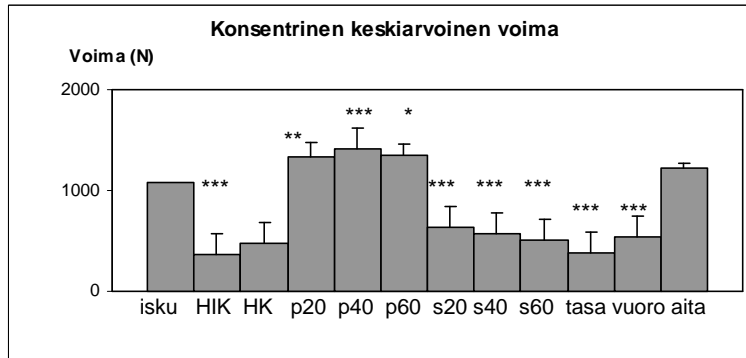
KUVA 22. Torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.



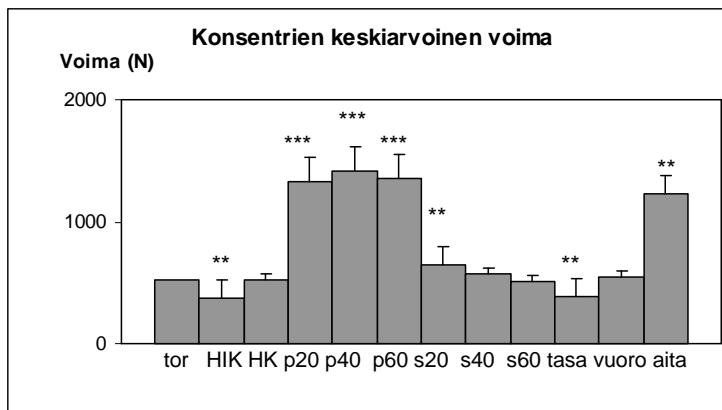
KUVA 23. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.

8.3.2 Konsentriset vertikaalivoimat

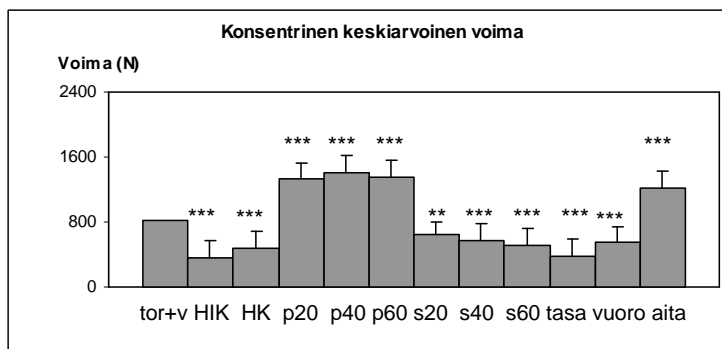
Iskulyönnin konsentrisen vaiheen keskimääräisen voiman kanssa ei tilastollisesti merkittävästi eronnut aitahyppy ($P=0.270$) (Kuva 24). Tilastollisesti erittäin merkittävästi iskulyönnin konsentrisen vaiheen keskimääräisestä voimasta erosivat hyppy ilman kevennystä, kevennyshyppy, pudotushyppy 40cm korkeudesta, sammakkohyppy 20, 40 ja 60cm korkeuksista sekä tasa- ja vuoroloikka (Kuva 24). Torjuntahypyn konsentrisen vaiheen keskimääräisestä voimasta ei tilastollisesti merkittävästi eronnut kevennyshyppy, sammakko hyppy 40 ja 60cm korkeuksilta ja vuoroloikka ($P=0.984$, $P=0.068$, $P=0.975$, $P=0.554$) (Kuva 25). Ristiaskelvauhti torjuntahypyn keskimääräisestä voimasta tilastollisesti erittäin merkittävästi erosivat kaikki muut hyppy paitsi sammakkohyppy 20 cm korkeudesta, mikä sekin erosi tilastollisesti melko merkittävästi ($P<0.01$) (Kuva 26).



KUVA 24. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat.



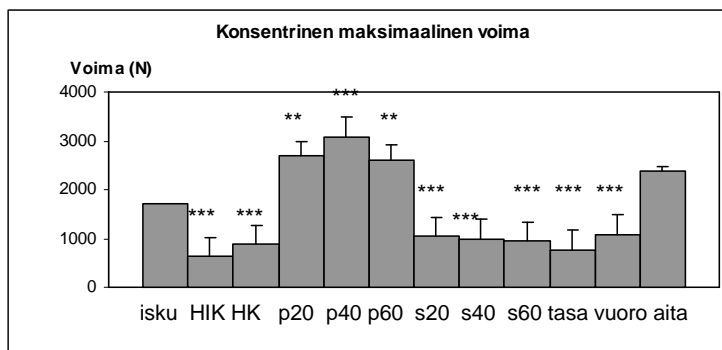
KUVA 25. Torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat.



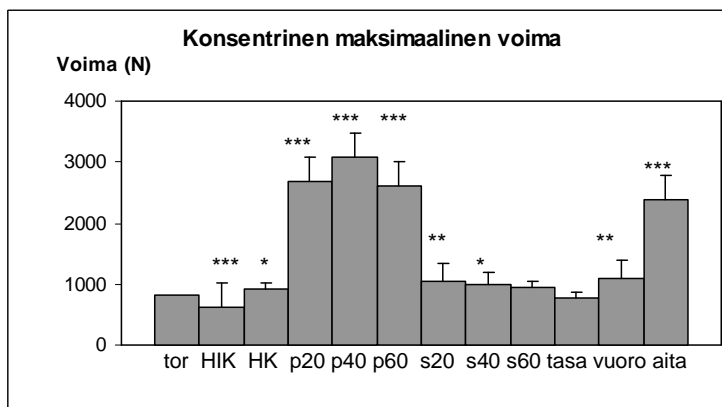
KUVA 26. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen keskimääräiset vertikaalivoimat

Iskulyönnin konsentrisen vaiheen maksimaalisista voimista ei tilastollisesti merkittävästi eronnut aitahyppy ($P=0.101$) (Kuva 27). Tilastollisesti erittäin merkittävästi poikkesivat kaikki muut hypyt paitsi pudotushyppyt 20 ja 40 cm korkeudesta, jotka poikkesivat tilastollisesti melko merkittävästi ($P<0.01$). Torjuntahyppy konsentrisen vaiheen mak-

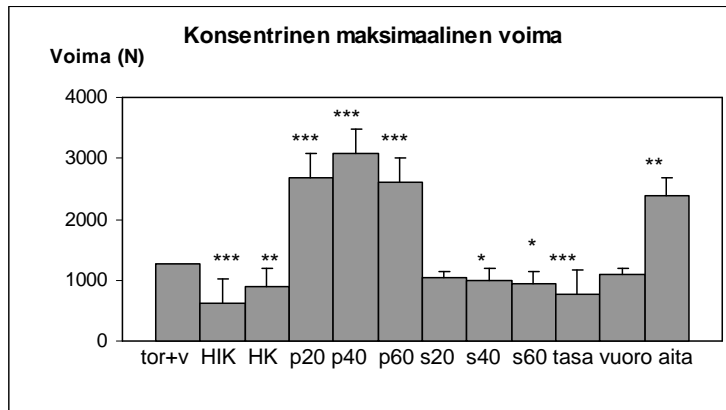
simaalisista voimista tilastollisesti merkittävästi eivät eronneet sammakkohyppy 60cm korkeudesta ja tasaloikka ($P=0.262$ ja $P=0.094$) (Kuva 28). Tilastollisesti erittäin merkittävästi torjuntahypyn konsentrisen vaiheen maksimaalisista voimista poikkesivat hyppy ilman kevennystä, pudotushyppyt 20, 40 ja 60 cm korkeuksista ja aitaloikka ($P<0.001$) (Kuva 28). Ristiaskelvauhti torjuntahypyn konsentrisen vaiheen maksimaalisista voimista tilastollisesti merkittävästi eivät poikenneet sammakkohyppy 20 cm korkeudesta ja vuoroloikka ($P=0.054$ ja $P=0.152$) (Kuva 29). Tilastollisesti erittäin merkittävästi ristiaskelvauhti torjuntahypyn eksentrisen vaiheen maksimaalisista voimista erosivat hyppy ilman kevennystä, pudotushyppyt 20, 40 ja 60 cm korkeuksista sekä tasaloikka ($P<0.001$) (Kuva 29).



KUVA 27. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.



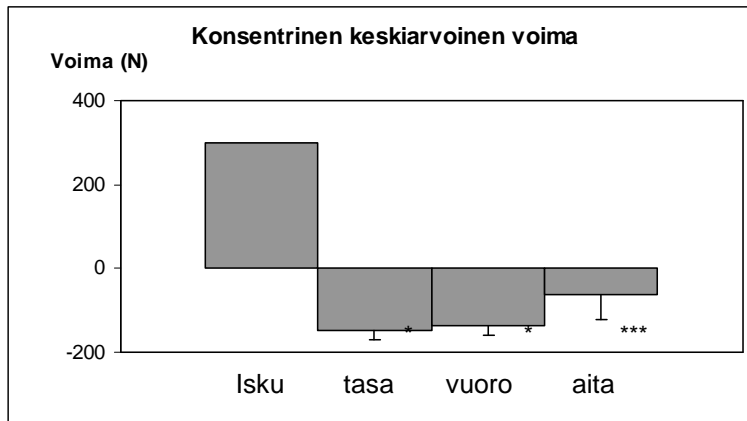
KUVA 28. Torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.



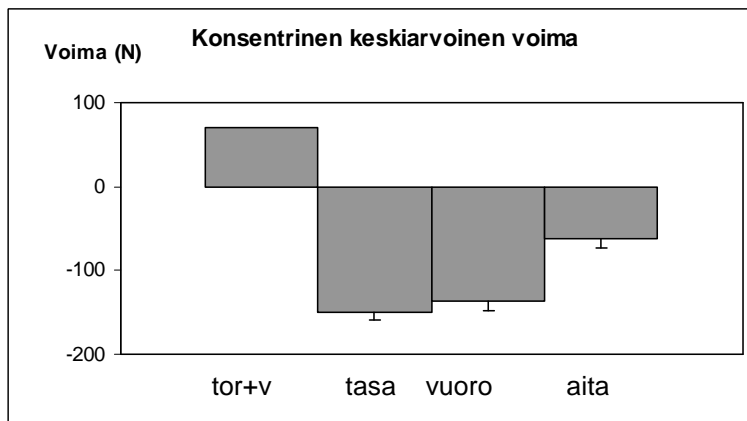
KUVA 29. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen maksimaaliset vertikaalivoimat.

8.3.3 Konsentriset vaakavoimat

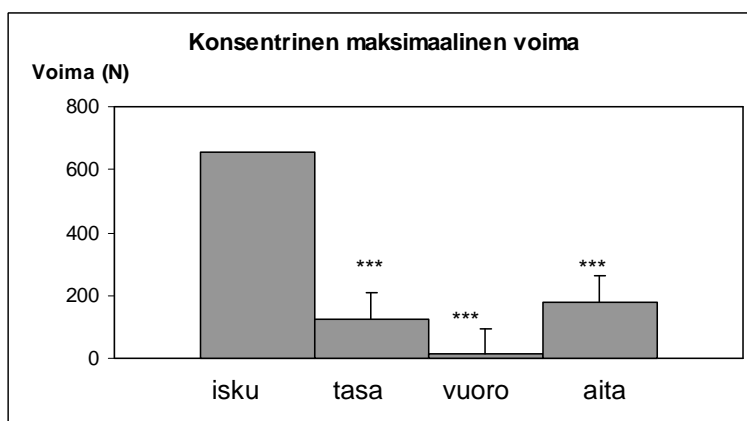
Konsentrisia vaakavoimia vertailtiin iskulyönnin ja eteenpäin suuntautuvien hyppyharjoitteiden sekä ristiaskelvauhti torjunnan ja eteenpäin suuntautuvien hyppyharjoitteiden välillä. Iskulyönnin keskiarvoinen voima erosi tilastollisesti erittäin merkittävästi aita-hyppässä ($P < 0.001$) (Kuva 30). Tasa- ja vuoroloikka erosivat iskulyönnin keskiarvoisista voimista tilastollisesti juuri merkittävästi ($P < 0.05$) (Kuva 30). Ristiaskelvauhti torjuntahyppyn konsentrisen vaiheen keskiarvoisista vaakavoimista ei mikään hyppyharjoite poikennut tilastollisesti merkittävästi (tasa $P = 0.078$, vuoro $P = 0.093$ ja aita $P = 0.630$) (Kuva 31). Iskulyönnin konsentrisen vaiheen maksimaalisista vaakavoimista kaikki eteenpäin suuntautuvat hyppyharjoitteet poikkesivat tilastollisesti erittäin merkittävästi ($P < 0.001$) (Kuva 32). Ristiaskelvauhti torjunnan konsentrisen vaiheen maksimaalisista voimista tilastollisesti merkittävästi ei eronnut aita-hyppy ($P = 0.310$) (Kuva 33). Tasaloikka erosi tilastollisesti juuri merkittävästi ($P < 0.05$) ja vuoroloikka tilastollisesti melko merkittävästi ($P < 0.01$) ristiaskelvauhti torjuntahyppyn konsentrisen vaiheen maksimaalisista vaakavoimista.



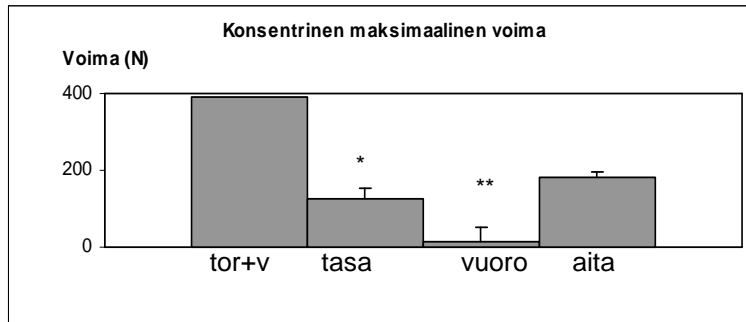
KUVA 30. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen keskiarvoiset vaakavoimat..



KUVA 31. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen keskiarvoiset vaakavoimat.



KUVA 32. Iskulyöntiin verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen maksimaaliset vaakavoimat.

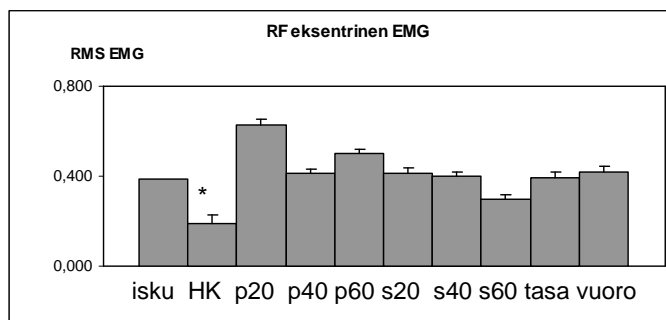


KUVA 33. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyyn verratut hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen maksimaaliset vaakavoimat.

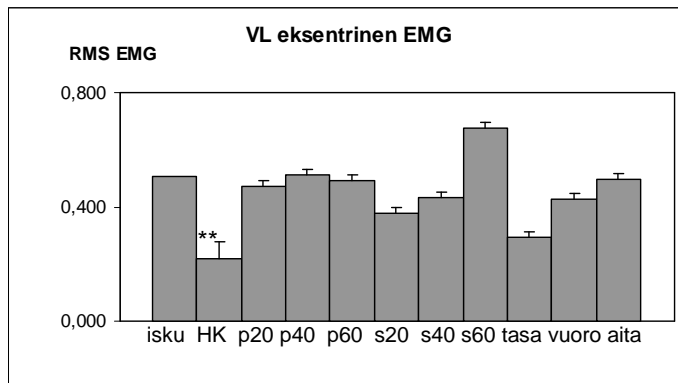
8.4 Lihasaktiivisuus

8.4.1 Eksentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet

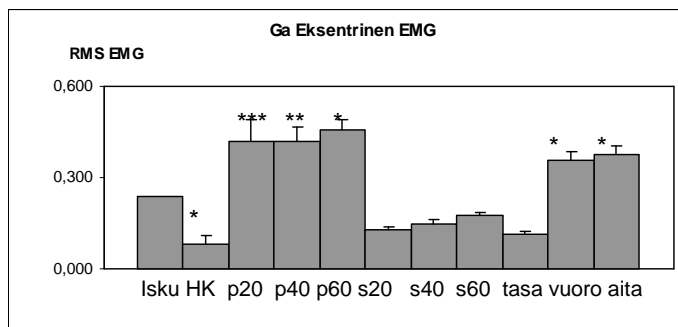
Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuus ei eronnut eksentrisessä vaiheessa tilastollisesti merkittävästi muissa hyppyissä kuin kevennyshypyssä ($P < 0.05$) (Kuva 34). Mittauksissa tulleen häiriön vuoksi suoran reisilihaksen aktiivisuutta ei saatu aitahypyn aikana. Myöskään ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuus ei eronnut eksentrisessä vaiheessa tilastollisesti merkittävästi muissa hyppyharjoitteissa kuin kevennyshypyssä ($P < 0.01$) (Kuva 35). Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuus ei tilastollisesti merkittävästi eronnut iskulyönnin ja sammakkohyppyjen 20, 40 ja 60cm korkeuksista sekä tasaloikan välillä ($P = 0.154$, $P = 0.294$, $P = 0.349$ ja $P = 0.097$) (Kuva 36). Tilastollisesti erittäin merkittävästi lihasaktiivisuus kantalihaksessa iskulyönnistä erosi pudotushypyssä 20cm korkeudesta ($P < 0.001$) (Kuva 36).



KUVA 34. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden välillä.

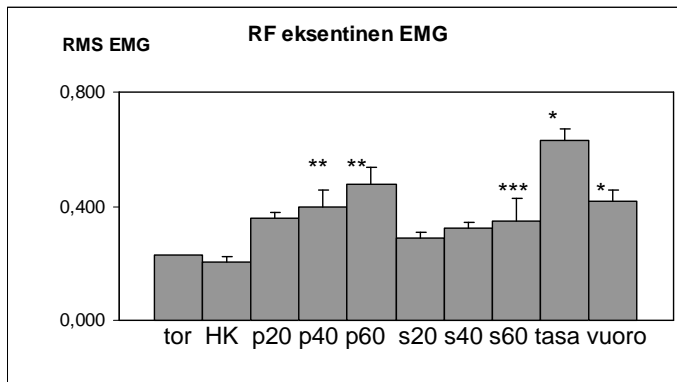


KUVA 35. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden välillä.

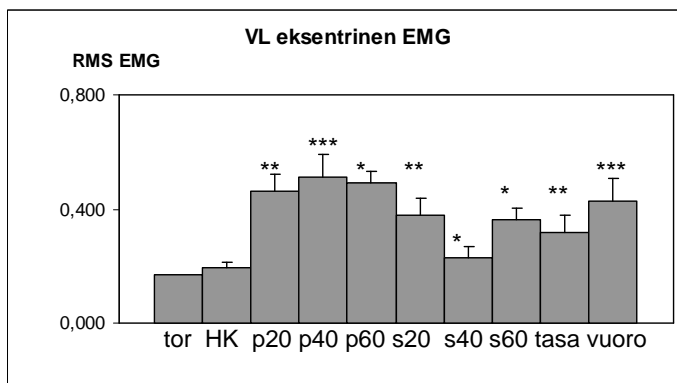


KUVA 36. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden välillä.

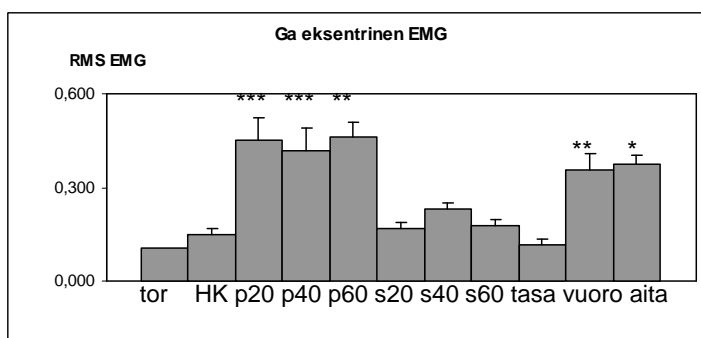
Suoran reisilihaksen (RF) lihasaktiivisuus torjunnan eksentrisessä vaiheessa ei eronnut tilastollisesti merkittävästi kevennyshypyn, pudotushypyn 20cm korkeudelta ja sammakkohyppyjen 20 ja 40cm korkeuksista lihasaktiivisuuksista ($P=0.637$, $P=0.068$, $P=0.160$ ja $P=0.065$) (Kuva 37). Tilastollisesti erittäin merkittävästi eksentrisen vaiheen RF lihasaktiivisuus erosi pudotushypyn 60cm korkeudesta RF lihasaktiivisuudesta ($P<0.001$) (Kuva 37). Ulomman reisilihaksen (VL) lihasaktiivisuus torjunnan eksentrisessä vaiheessa ei eronnut tilastollisesti merkittävästi kevennyshypyn VL lihasaktiivisuudesta ($P=0.097$) (Kuva 38). Tilastollisesti erittäin merkittävästi torjunnan eksentrisenvaiheen VL lihasaktiivisuudesta erosivat vuoroloikka ja pudotushyppy ($P<0.001$) (Kuva 38). Kaksoiskantalihaksen (Ga) lihasaktiivisuus torjuntahypyn eksentrisen vaiheessa ei eronnut tilastollisesti merkittävästi kevennyshypyn, sammakkohyppyjen (20, 40 ja 60cm) ja tasaloikan Ga lihasaktiivisuudesta ($P=0.499$, $P=0.202$, $P=0.173$, $P=0.102$ ja $P=0.585$) (Kuva 39).



KUVA 37. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä



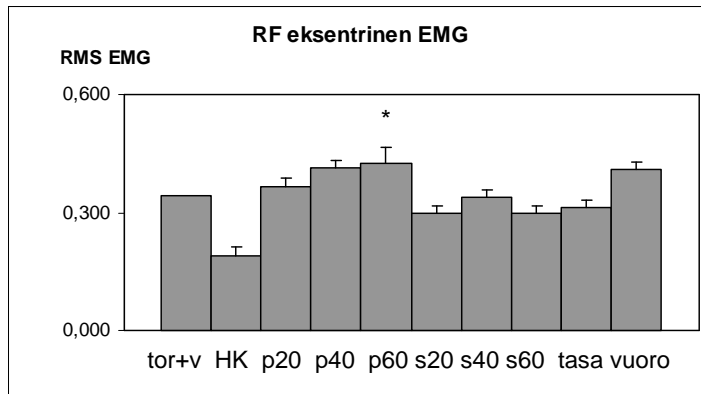
KUVA 38. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä.



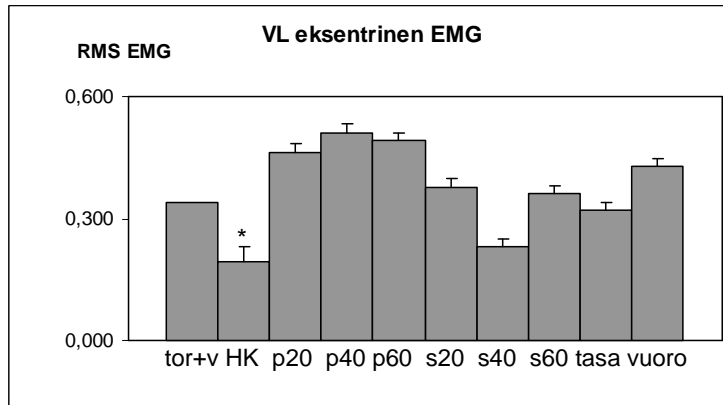
KUVA 39. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä.

Suoran reisilihaksen (RF) lihasaktiivisuus ristiaskelvauhti torjunnan eksentrisessä vaiheessa ei tilastollisesti merkittävästi eronnut hyppyharjoitteiden RF lihasaktiivisuuksista paitsi pudotushypyn 60cm korkeudelta RF lihasaktiivisuudesta ($P < 0,05$) (Kuva 40). VL

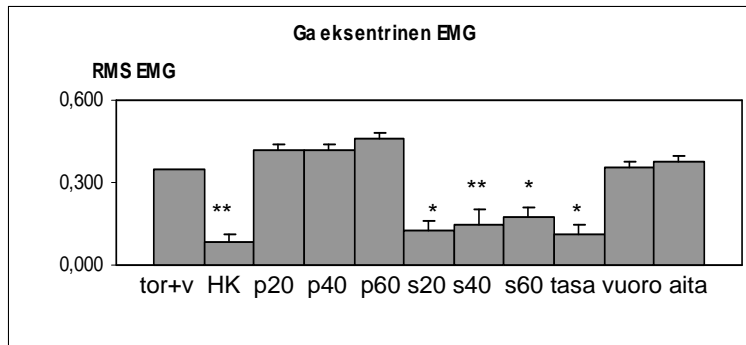
lihasaktiivisuus ristiaskelvauhti torjunnan eksentrisessä vaiheessa ei tilastollisesti merkittävästi eronnut hyppyharjoitteiden VL lihasaktiivisuuksista paitsi kevennyshypyn VL lihasaktiivisuudesta ($P < 0.05$) (Kuva 41). Ristiaskelvauhti torjunnan eksentrisen vaiheen Ga lihasaktiivisuus ei tilastollisesti merkittävästi eronnut pudotushyppyjen (20, 40 ja 60cm) ja tasa- ja vuoroloikan Ga lihasaktiivisuuksista ($P = 0.448$, $P = 0.293$, $P = 0.050$, $P = 0.962$ ja $P = 0.851$) (Kuva 42).



KUVA 40. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä.



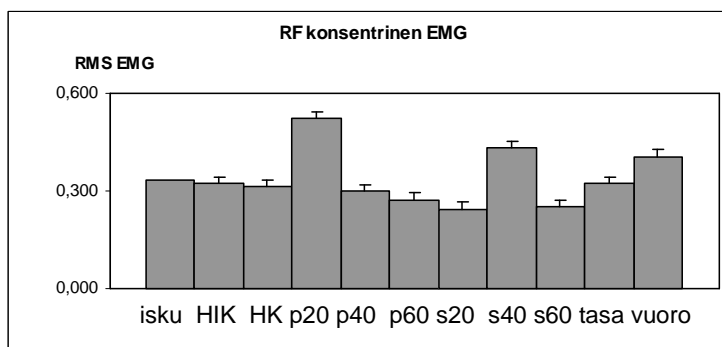
KUVA 41. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä.



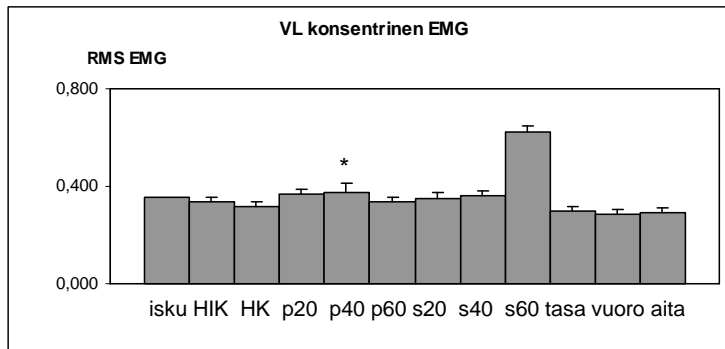
KUVA 42. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvahti torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä.

8.4.2 Konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet

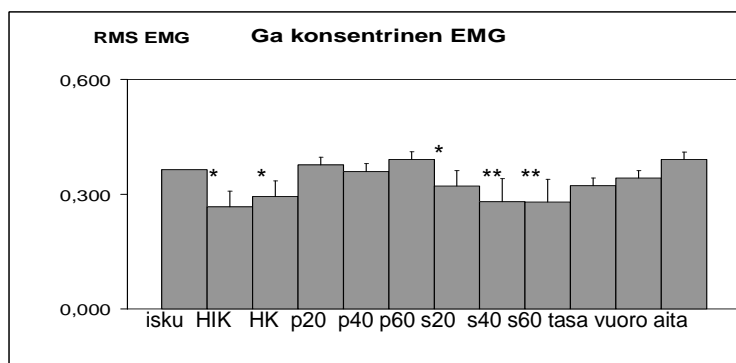
Konsentrisen vaiheen RF lihasaktiivisuus ei poikennut tilastollisesti merkittävästi iskulyönnin ja hyppyharjoitteiden välillä (Kuva 43). Iskulyönnin konsentrisen vaiheen VL lihasaktiivisuudesta tilastollisesti merkittävästi hyppyharjoitteista poikkesi vain pudotushyppy 40cm korkeudesta ($P < 0.05$) (Kuva 44). Tilastollisesti merkittävästi iskulyönnin Ga lihasaktiivisuuksista eivät poikenneet pudotushyppy (20,40 ja 60cm), tasa- ja vuoroloikka sekä aitahyppy ($P = 0.838$, $P = 0.153$, $P = 0.745$, $P = 0.173$, $P = 0.317$ ja $P = 0.576$) (Kuva 45).



KUVA 43. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



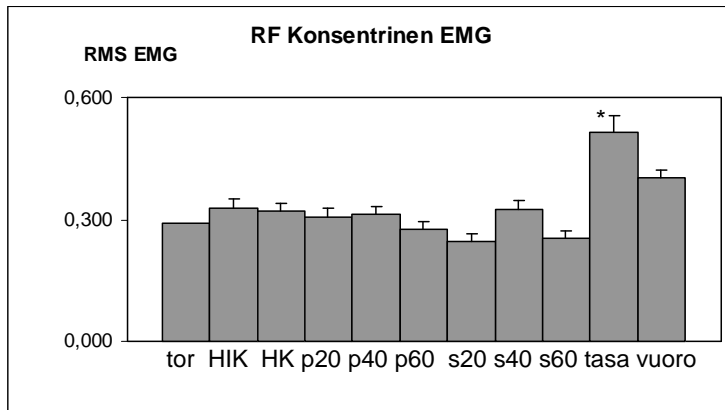
KUVA 44. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



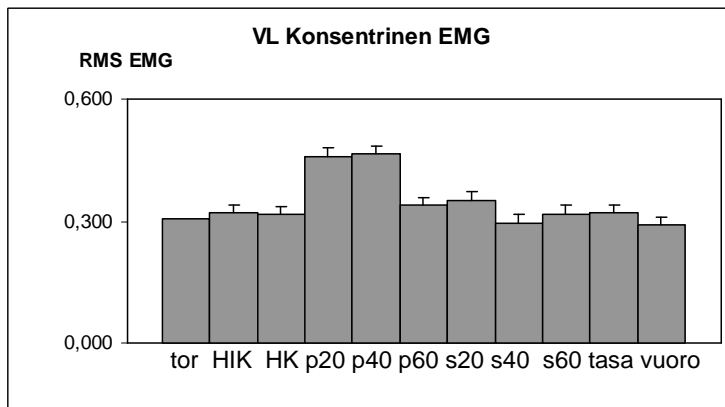
KUVA 45. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu iskulyönnin konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.

Torjunnan konsentrisen vaiheen RF lihasaktiivisuudesta poikkesi tilastollisesti merkittävästi vain tasaloikka ($P < 0.05$) (Kuva 46). Konsentrisen vaiheen VL lihasaktiivisuus ei poikennut tilastollisesti merkittävästi torjuntahypyn ja hyppyharjoitteiden välillä (Kuva 47). Torjuntahypyn konsentrisen vaiheen Ga lihasaktiivisuus poikkesi tilastollisesti merkittävästi hyppyharjoitteista vain sammakkohypyn 60cm korkeudesta Ga lihasaktiivisuudesta ($P < 0.05$) (Kuva 48).

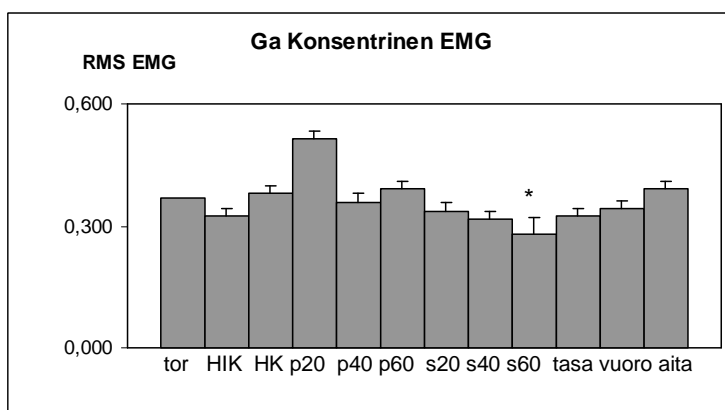
Konsentrisen vaiheen RF ja VL lihasaktiivisuudet eivät poikenneet tilastollisesti merkittävästi ristiaskelvauhti torjunnan ja hyppyharjoitteiden välillä (Kuva 49 ja 50). Ristiaskelvauhti torjunnan konsentrisen vaiheen Ga lihasaktiivisuus ei poikennut tilastollisesti merkittävästi pudotushypyssä 40cm korkeudelta, vuoroloikassa ja aitahypyssä ($P = 0.106$, $P = 0.076$, ja $P = 0.516$) (Kuva 51). Ga lihasaktiivisuus poikkesi muissa hypyissä tilastollisesti juuri merkittävästi ristiaskelvauhti torjunnasta ($P < 0.05$) (Kuva 51).



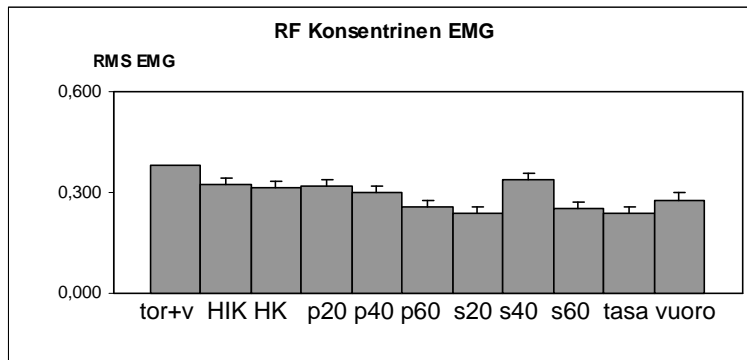
KUVA 46. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



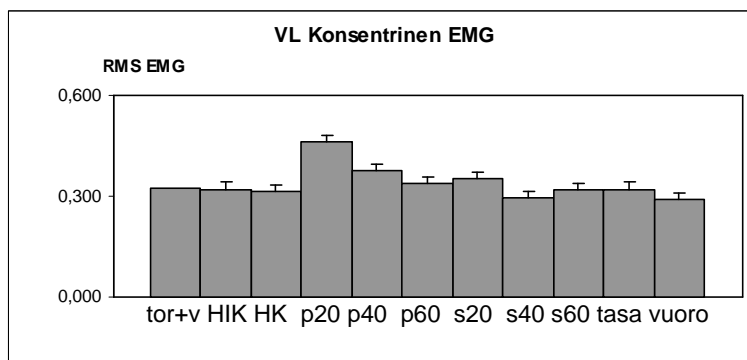
KUVA 47. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



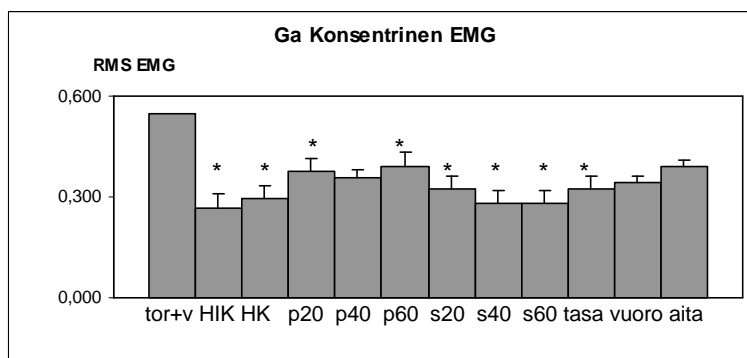
KUVA 48. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheiden välillä.



KUVA 49. Suoran reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvauhti torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



KUVA 50. Ulomman reisilihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvauhti torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.



KUVA 51. Kaksoiskantalihaksen lihasaktiivisuuden vertailu ristiaskelvauhti torjunnan konsentrisen vaiheen ja hyppyharjoitteiden konsentrisen vaiheen välillä.

9 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla iskulyönnin, torjuntahypyn ja ristiaskelvauhti-torjuntahypyn lihasaktiivisuuksia kolmesta lihaksesta, voimia, kontaktiaikaa ja polvikulmamuuutoksia yhdeksään hyppyharjoitteeseen, kevennyshyppyyn ja hyppyyn ilman kevennystä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hyppyharjoitteiden lajinomaisuutta.

Iskulyönnin kontaktiajasta ei tilastollisesti merkittävästi poikennut vuoro- ja aitaloikka. Aitahyppy ja pudotushyppy 60 cm korkeudesta olivat samankaltaisia iskulyönnin kulmamuuutoksien ja alimman polvikulman kanssa. Eksentrisen vaiheen keskiarvoinen ja maksimaalinen voima olivat samankaltaisia iskulyönnissä ja vuoroloikassa. Aitahypyllä oli iskulyönnin kanssa samankaltaiset konsentrisen vaiheen keskiarvoiset ja maksimaaliset vertikaalivoimat. Konsentrisen vaiheen vaakavoimat iskulyönnissä ja eteenpäin suuntautuvien hyppyharjoitteissa olivat erilaiset. Lihasaktiivisuuksissa ei ollut juurikaan eroja hyppyharjoitteiden ja iskulyönnin välillä suorassa reisilihaksessa ja ulommassa reisilihaksessa. Kaksoiskantalihaksen aktiivisuus eksentrisessä vaiheessa oli samankaltainen sammakkopudotushyppyjen ja tasaloikan kanssa. Eksentrisessä vaiheessa kaksoiskantalihaksen aktiivisuus oli samankaltainen pudotushyppyjen ja eteenpäin suuntautuvien hyppyharjoitteiden kanssa.

Kevennyshyppy muistutti torjuntahyppyä kontakti ajan, polvikulmamuuutosten ja alimman polvikulman osalta. Lisäksi kevennyshypyssä oli samankaltainen eksentrisen ja konsentrisen vaiheen keskiarvovoima kuin iskulyönnissä. Torjuntahypyssä oli samankaltaisen konsentrisen vaiheen keskiarvoiset ja maksimaaliset voimat oli kuin sammakkopudotushypyssä 60 cm korkeudesta ja vuoroloikassa. Lihasaktiivisuuden eksentrisen vaiheen aikana oli samankaltaiset kevennyshypyssä ja torjuntahypyssä. Konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuuksissa ei ollut juurikaan eroja hyppyharjoitteiden ja torjuntahypyn välillä.

Ristiaskelvauhti torjuntahypyllä oli samankaltainen kontaktiaika kuin hypyllä ilman kevennystä ja sammakkopudotushypyllä 20 cm korkeudesta. Ristiaskelvauhtitorjuntahypyn polvikulmamuuutokset olivat samankaltaiset sammakkopudotushypyllä 20 cm

korkeudesta ja aitahypyillä, jolla oli myös samankaltainen alin polvikulma kuin lajisuorituksessa. Vertikaalivoimat olivat suurimmaksi osaksi erilaiset hyppyharjoitteissa ja ristiaskelvauhtitorjunnassa. Ainoastaan konsentrisen vaiheen maksimaaliset voimat olivat samankaltaiset vuoroloikassa ja sammakkopudotushypyssä 20 cm korkeudesta. Konsentrisen vaiheen keskiarvoisissa vaakavoimissa ei ollut eroja ristiaskelvauhtitorjuntahypyn kanssa. Lihasaktiivisuuksissa ei ollut juurikaan eroja hyppyharjoitteiden ja ristiaskelvauhtitorjuntahypyn välillä suorassa reisilihaksessa ja ulommassa reisilihaksessa. Eksentrisessä ja konsentrisessä vaiheessa kaksoiskantalihaksen aktiivisuus oli samankaltainen vuoroloikassa ja aitahypyissä kuin ristiaskelvauhtitorjuntahypyssä.

Hämäläisen pro gradu tutkielmassa (1993) havaitsi mieslentopalloilijoilla polvikulmien olevan lajihyppysuorituksissa polvikulmien olevan pienempiä ja kontaktiajan suurempia lajihyppysuorituksissa kuin hyppyharjoitteissa. Ainoastaan tasaloikassa ja vauhdillisessa aitahypyssä oli samanlaisia polvikulmia kuin lajihyppysuorituksissa. Hän havaitsi myös pudotushypyissä olevan suuret eksentriset keskiarvoiset voimat ja ainoastaan pudotushyppy 25cm korkeudesta muistutti iskulyönnin keskiarvoisia voimia. Salci ym. (2004) tutkivat eroja lentopallohyppyjen laskeutumistekniikoissa miehillä ja naisilla. He havaitsivat naisten ja miesten käyttävän erilaisia laskeutumisstrategioita iskulyönnissä, mutta eroa torjuntahypyssä ei ollut. Miehet laskeutuvat iskulyönnistä pienemmässä polven ja lantion kulmassa kuin naiset.

Aitahyppyjen lihasaktiivisuuden suhde iskulyönnin lihasaktiivisuuteen ulommassa reisilihaksessa oli eksentrisessä vaiheessa 106 % ja konsentrisessä vaiheessa 75 %. Viitasalo ym. (1993) havaitsivat mieslentopalloilijoilla aitahypyissä polven ojentajien lihasaktiivisuuden olevan suhteellisesti eksentrisessä vaiheessa 94 % ja konsentrisessä vaiheessa 45 % iskulyönnin lihasaktiivisuuksiin, jossa osa aitahypyissä oli suoritettu submaksimaalisella tasolla.

Iskulyönnin kontaktiaika oli 0.311 ± 0.034 s. Kontaktiajan tulisi olla mahdollisimman lyhyt, jotta lajisuoritus olisi mahdollisimman räjähtävä. Räjähävyydellä tarkoitetaan mahdollisimman lyhyessä ajassa tuotettua mahdollisimman suurta voimaa. Iskulyönnin nousukorkeus oli 0.413 ± 0.040 m. Iskulyönnin alin polvikulma oli $57 \pm 11^\circ$ (jalka täydessä ojennuksessa 0°).

Eksentrisen vaiheen keskimääräinen vertikaalivoima iskulyönnissä oli $626\pm 233\text{N}$ ja konsentrisen vaiheen keskimääräinen vertikaalivoima $1078\pm 111\text{N}$. Iskulyönnin konsentrisen vaiheen maksimaalinen voima oli $1512\pm 498\text{N}$ ja konsentrisen vaiheen maksimaalinen voima oli $1702\pm 230\text{N}$. Eksentrisen vaiheen keskiarvoisista vertikaalivoimista kevennyshyppyä lukuun ottamatta voimat oli suurempia muissa hyppyharjoitteissa, erityisesti pudotushyppyissä. Konsentrisen vaiheen vertikaalivoimista pudotushyppyt 20, 40 ja 60 cm korkeuksilta ja aitaohyppy olivat suurempi keskiarvoisilta ja maksimaalisilta voimiltaan kuin iskulyönti. Iskulyönti suuntautuu myös merkittävästi eteenpäin, mikä pienentää vertikaalivoimien suuruutta. Eksentrisen ja konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet suorassa reisilihaksessa ja uloimmassa reisilihaksessa olivat hyvin samankaltaiset iskulyönnissä ja hyppyharjoitteissa.

Torjuntahypyn kontaktiaika oli 0.846s. Torjuntahypyssä oli suurempi kontaktiaika kuin muissa hyppyharjoitteissa. Pelitilanteessa torjuntahypyn kontaktiaika vaihtelee paljon. Testitilanteessa torjuntahyppyyn lähdettiin suorilta jaloin, jolloin hyppy oli hyvin samankaltainen kevennyshypyn kanssa. Pelissä tulee tilanteita, jossa torjuntaan lähdetään suoraan kyykkyasennosta, jolloin hyppy muistuttaa enemmän hyppyä ilman kevennystä. Nousukorkeus torjuntahypyssä oli 0.309m. Torjuntahypyssä alin polvikulma oli 84° . Torjuntahypyn polvikulmat ovat staattisen hypyn ja esikevennyshypyn kanssa samankaltaiset. Torjuntahypyn eksentrisen vaiheen keskiarvoinen vertikaalivoima oli 8N ja konsentrisen vaiheen keskiarvoinen vertikaalivoima oli 517N. Torjunta hypyn maksimaalinen voima eksentrisen vertikaalivoima oli 843N ja maksimaalinen konsentrisen voima oli 828N. Torjuntahypyn voimien kanssa samankaltaiset olivat keskiarvoiset kevennyshypyn voimat. Muiden hyppyharjoitteiden eksentrisen vaiheen keskiarvoiset ja maksimaaliset voimat olivat suurempia kuin torjuntahypyn. Konsentrisen vaiheen keskimääräisten voimien kanssa sammakkohyppyt 40 ja 60 cm korkeuksista olivat samansuuruisia ja maksimaaliset konsentrisista voimista suurimman osan voimat olivat suurempia kuin torjuntahypyn. Torjuntahypyn eksentrisen vaiheen lihasaktiivisuuksia eniten muistutti kevennyshyppy. Konsentrisen vaiheen lihasaktiivisuudet olivat hyvin samankaltaiset kaikissa hypysuorituksissa.

Ristiaskelvauhti torjuntahypyn nousukorkeus oli 0.338m, kontaktiaika 0.420s ja alin polvikulma 64° . Kontaktiajan ja alimman polvikulman mukaan ristiaskelvauhti torjunta muistuttaa eniten hyppyä ilman kevennystä. Ristiaskelvauhtitorjunnan eksentrisen vai-

heen voimat ovat pienempiä kuin hyppyharjoitteiden voimat kevennyshyppyä lukuun ottamatta. Liikkeen aikana ollaan valmiiksi melko matalassa asennossa ennen varsinaista ponnistusta, jolloin kevennys on enää hyvin pieni ja muistuttaa näin enemmän staattista hyppyä kuin suoraan ylhäältä suoritettu torjuntahyppy. Ristiaskelvauhti torjunnassa pyritään hyppäämään mahdollisimman paljon suoraan ylöspäin, mutta silti sivulle liikumista tapahtuu varsinkin kokemattomammilla pelaajilla. Lihasktiivisuudet ovat hyvin samankaltaisia eksentrisessä ja konsentrisessä vaiheessa melkein kaikkien hyppyharjoitteiden kanssa. Ainoana poikkeuksena oli konsentrisen vaiheen kaksoiskantalihakseen aktiivisuus.

Tutkimustuloksiin voi vaikuttaa koehenkilöiden taso. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu pudotushyppyharjoittelun parantavan hyppykorkeutta, mutta erityisesti teknikalla on suuri merkitys mekaaniseen voiman tuottoon polven ojentajissa ja pohjelihaksistossa (Bobbert 1990). Osalle koehenkilöistä hyppyharjoitteet eivät olleet ennestään tuttuja. Verrattaessa koehenkilöiden kevennyshypyn ja hypyn ilman kevennystä lentokorkeustuloksia testauksen Liite ry:n kansion tuloksiin ponnistustesteissä koehenkilöt sijoittuvat ryhmään yksi eli huonoimpaan viitearvoryhmään. Jos mittaustilanteessa olisi ollut lentopalloverkko asetettuna, pelaajat olisivat voineet saada todellisemman tunteen lajihyppyihin. Lisäksi väsymyksellä saattoi olla osuutta tuloksiin. Vaikka jokaisen harjoitteen jälkeen oli levähdystauko, kokonaisuormitus oli suuri. Usealla koehenkilöllä oli seuraavana päivinä jalkalihakset kipeänä. Lihasktiivisuusmittauksissa oli häiriötä melkein jokaisessa hyppyharjoitteessa jollain koehenkilöistä, joten lihasktiivisuuksissa ei huomioitu kaikkien kymmenen koehenkilön tuloksia. Polven kulmakäyrästä oli alun perin tarkoitus määrittää konsentrisen ja eksentrisen vaiheen ero, mutta hitaammissa kontaktiajoissa koehenkilö pysyi niin kauan alhaisemmassa kulmassa, joten sitä ei voitu käyttää ja tämä voi johtaa pieniin virhearviointeihin.

Tutkimuksen mukaan torjuntahyppy muistuttaa eniten kevennyshyppyä. Iskulyönnille lajin läheisin hyppyharjoite olisi aitahyppy kontaktiajan, alimmankulman, kulmamuu-
toksien, konsentrisen vaiheen keskiarvoisen ja maksimaalisen voiman mukaan sekä konsentrisen vaiheen lihasktiivisuuksien mukaan. Ristiaskelvauhti torjuntahyppyä eniten hyppyharjoitteista muistutti polvikulmissa ja lihasktiivisuuksien osalta aitahyppy ja kontaktiajan osalta hyppy ilman kevennystä. Voimien osalta kaikki hypyt erosivat ris-

tiaskelvauhti torjuntahypyn voimista. Haluttaessa lisää tehoa torjuntaa vauhdin kanssa tulisi harjoitella mahdollisimman lajinomaisesti eli lajihyppyharjoituksin.

Suurimmat voimatasot hyppyharjoitteista oli pudotushyppyissä. Lentopalloon liittyy paljon pyrähdyksiä ja suunnan muutoksia, joten lihaksia on hyvä harjoittaa erilaisin loikka- ja hyppelyharjoittein. Hyppyharjoitteet tarjoavat vähän erilaista ärsykettä lihaksille kuin lajiharjoitteet. Esimerkiksi haluttaessa hyppyharjoitteisiin kovuutta harjoituskaudella voitaisiin tehdä pudotushyppyjä, koska nämä vaativat erilaiset voimatasot. Jotta harjoittelu kumminkin pysyisi lajinomaisena, lajinomaisten hyppyharjoitteiden harjoitteluun tulee kiinnittää huomiota. Hyppyharjoittelu tulisi jaksoittaa harjoitteluun siten, että harjoittelukaudella tehdään monipuolisempia harjoitteita ja lähemmäs kilpailukautta mennessä harjoitukset muuttuvat lajinomaisemmiksi ja lopulta pelkäksi lajihyppyharjoitukseksi. Suurimmat voimatasot olivat pudotushyppyissä.

10 LÄHTEET

Bobbert, M. 1990. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine* 9, 7-22.

Dufek, J. & Zhang, S. 1996. Landing Models for Volleyball players: a longitudinal evaluation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 36, 35-42.

Forthomme, B., Croisier, J., Ciccarone, G., Crielaard, J. & Cloes, M. 2005. Factors correlated with volleyball spike velocity. *The American Journal of Sports Medicine* 33, 1513-1519.

Hertogh, C. & Hue, O. 2002. Jump evaluation of elite volleyball players using two methods: jump power equations and force platform. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42, 300-303.

Hewett, T., Stroupe, A., Nance, T. & Noyes, F. 1996. Plyometric Training in Female Athletes. *The American Journal of Sport Medicine* 24, 765-772.

Hämäläinen, K. 1993. Hermo-lihasjärjestelmän toiminta lentopallon lajisuorituksissa ja hyppyharjoitteissa. Pro-gradu -tutkielma Jyväskylän Yliopiston liikuntabiologian laitoksessa.

Kivioja, P. 2002. Naisten lentopallon nykytila lajiantalyysin kannalta 2000. Opin-
näytetyö Rovaniemen AMK. Rovaniemi.

Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2002. Strength training for sport. Blackwell science. United Kingdom.

Lucas, J. 1993. Pass, Set Crush Volleyball Illustrated. Euclid Northwest Publications, USA.

Marletti, R. & Parker, P. 2004. *Electromyography. Physiology, Engineering and Noninvasive Applications*. Hoboken, New Jersey, USA.

Powers, M. 1996. Vertical Jump Training for Volleyball. *Strength and Conditioning* , 18-23.

Ravn, S, Voigt, M., Simonsen, E., Alkjær, R., Bojsen-Møller, F. & Klausen, K. 1999. Choice of Jumping Strategy in Two Standard Jumps, Squat and Countermovement Jump-Effect of Training Background or Inherited preference. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*. 9, s.201-208.

Salci, Y., Kentel, B., Heycan, C., Akin, S. & Korkusuz, F. 2004. Comparison of landing maneuvers between male and female volleyball players 19, 622-628.

Samson, J. & Roy, B. 1976. *Biomechanical Analysis of the Volleyball Spike*. Teoksessa Komi, P. V. (ed.), *Biomechanics V-B*. Baltimore: University Park Press.

Selinger, A. 1986. *Power Volleyball*. New York: St. Martin's Press.USA

Testauksen Liite ry kansio, 54

Tuominen, T. & Sadalski, V. 1989. *Lentopalloilijan harjoittelu*. Teoksessa Tuominen, K., Kantola, H., Kujala, A., Luhtanen, P., Rusko, H. & Viitasalo, J. *Suomen valmennusoppi 2, Harjoittelu*. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Viitasalo, J., Hämäläinen, K., Mononen, H., Salo, A. & Lahtinen, J. 1993. Biomechanical effects of fatigue during continuous hurdle jumping. *Journal of Sport Science* 11, 503-509.

Winter, D. 2005. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Third edition. John Wiley & Sons. Canada.