

**AKUUTIT MUUTOKSET TUOTETUSSA TEHOSSA NOPEUSVOIMASARJOJEN
AIKANA, SEKÄ NOPEUSVOIMAHARJOITTEEN TEHONTUOTOLLINEN
VERTAILU URHEILJOILLA**

Jaakko Hanhikoski

Kandidaatin tutkielma

Kevät 2015

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Juha Ahtiainen ja Tapani Keränen,

Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus

TIIVISTELMÄ

Jaakko Hanhikoski (2015) Akuutit muutokset tuotetussa tehossa nopeusvoimasarjojen aikana, sekä nopeusvoimaharjoitteiden tehontuotollinen vertailu urheilijoilla. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin kandidaatin tutkielma, 61 s., 6 liitettä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää monennellako toistolla kyykkyhyppyissä ja rinnallevedoissa riipunnasta saavutetaan sarjan tehokkain toisto ja kuinka nopeasti teho lähtee sen jälkeen merkitsevästi laskuun. Lisäksi tarkoituksena oli saada selville kuinka suuri teho kuntopalloheitoissa tuotetaan.

Tutkimukseen osallistui 24 vapaaehtoista nopeusvoimaharjoittelutaustan omaavaa urheilijaa, joista miehiä oli 19 (184.3 ± 5.1 cm; 90.2 ± 13.6 kg; 25.5 ± 4.9 v.) ja naisia 5 (169.6 ± 5.1 cm; 58.8 ± 6.9 kg; 23.2 ± 0.8 v.). Jokainen tutkittava osallistui kahteen mittauskertaan, joista ensimmäisellä tehtiin 3 toistoa kevennyshyppyjä (HK), 6 toistoa kyykkyhyppyjä (KH) 11, 20, 30 ja 40 kg kuormilla, sekä rinnallevedossa riipunnasta (RV) 6 x 60 %, 6 x 70 %, 5 x 80 % ja 3 x 90 % kuormilla arvioidusta 1 RM:sta. Toisella mittauskerralla suoritettiin kuntopalloheitot 2, 3, 4 ja 5 kg kuntopalloilla kolmella eri tekniikalla; kuntopalloheitto jalkojen välistä ylös (JVY), jalkojen välistä eteen (JVE), sekä pään yli taakse (PYT). Kaikki suoritukset tehtiin voimalevyllä, jolla suorituksista mitattiin huipputeho ja keskimääräinen teho, KH:istä nousukorkeus impulssista, sekä kaikista liikkeistä vertikaalinen ja horisontaalinen voimantuotto.

Tulokset osoittivat, että KH:ssä ja RV:ssa toinen suoritus oli pääsääntöisesti tehokkain. Tehokkain toisto ei 11 kilon kuormaa lukuun ottamatta kuitenkaan eronnut tilastollisesti merkitsevästi toiseksi tehokkaimmasta toistosta. Teho ja nousukorkeus lähtivät tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) laskuun KH:ssä pääsääntöisesti kolmannen toiston jälkeen. RV:ssa teho ei puolestaan laskenut sarjojen aikana tilastollisesti merkitsevästi. JVY:ssa tuotettiin samansuuruinen huipputeho, kuin RV:ssa (3525-3694 W vs. 3286-3850 W). Keskimääräinen teho oli puolestaan JVY:ssa suurempi, kuin RV:ssa (1379-1522 W vs. 3850 W). JVE:ssa ja PYT:ssa tuotettu maksimaalinen huipputeho jäi näitä alemmalle tasolle, mutta niissä osa voimantuotosta tapahtui horisontaalisuunnassa toisin kuin RV:ssa.

Tämän tutkimuksen tulokset antavat viitteitä siitä, että maksimaalisen tehon ja räjähtävyyden harjoittamisessa tulisi KH:issä yksittäisinä toistoina tehtynä toistojen määrä sarjaa kohden olla noin kolme toistoa. Tällöin sarja todennäköisesti sisältää parhaan toiston, eikä teho tällöin vielä pääse tippumaan merkittävästi. RV:ssa ei teho tämän tutkimuksen tulosten mukaan puolestaan lähde laskuun yhtä aikaisin, kuin KH:issä, joten RV:n osalta toistoja voidaan mahdollisesti tehdä enemmän, kuin kyykkyhyppyissä. Lisäksi tämän tutkimuksen tuloksilla voidaan perustella kuntopalloheittojen käyttämistä harjoitusliikkeenä nopeusvoimaharjoittelussa, sillä niissä tuotetaan samansuuruinen teho kuin RV:ssa.

Avainsanat: teho, rinnalleveto riipunnasta, kyykkyhyppy, kevennyshyppy, kuntopalloheitto

KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
EMG	elektromyografia
JVE	kuntopalloheitto jalkojen välistä eteen
JVY	kuntopalloheitto jalkojen välistä ylös
KH	kyykkyhyppy
MVIC	maksimaalinen tahdonalainen isometrinen supistus
Pmax	maksimaalinen teho
PYT	kuntopalloheitto pään yli taakse
RFD	voimantuottonopeus
RV	rinnalleveto (riipunnasta)
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MAKSIMAALISEN TEHON BIOLOGINEN PERUSTA.....	3
2.1	Lihasmekaaniset tekijät	4
2.2	Morfologiset tekijät	6
2.3	Neuraaliset tekijät	7
3	MAKSIMAALISEN TEHONTUOTON KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET	9
3.1	Tehon mittaaminen	9
3.2	Maksimaalisen tehon harjoittamisen periaatteet.....	10
3.2.1	Intensiteetti	10
3.2.2	Sarjojen ja palautusten pituus	12
3.2.3	Nopeusvoimaharjoitteiden luokittelu	14
3.3	Maksimaalisen tehon yhteys suorituskyyyn	16
4	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEESIT	18
5	TUTKIMUSMENETELMÄT	20
5.1	Tutkittavat.....	20
5.2	Tutkimusasetelma.....	20
5.3	Datan keruu, analysointi ja mittausmenetelmät.....	25
5.4	Tilastolliset menetelmät.....	25
6	TULOKSET	26
7	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET	42

1 JOHDANTO

Nopeusvoimaharjoittelusta on todettu olevan hyötyä suorituskyvyn optimoinnissa niin kestävyys-, nopeus-, voima, kuin joukkuelajeissa (Nummela ym. 2007; Paavolainen ym. 1999; Haff & Nimphius 2012). Vastaavasti kyky tuottaa suuri määrä tehoa nähdään tärkeänä suorituskyvyn kannalta monessa lajissa (Cronin & Sleivert 2005). Yhtenä nopeusvoimaharjoittelun tavoitteista onkin yleisesti pidetty maksimaalisen tehon (Pmax) kehittämistä (Cronin & Sleivert 2005). Niin sanotun optimikuorman löytäminen, eli kuorman jolla maksimoidaan tuotettu teho tietyssä liikkeessä, on ajateltu olevan tärkeää nopeusvoimaharjoittelun optimoimisen kannalta (Cormie & Flanagan 2008). Mikäli Pmax on tärkeä tekijä suorituskyvyn kannalta, voi suorituskykyä teoriassa harjoittelun spesifisyyden periaatteen mukaan kehittää tehokkaasti harjoittamalla lajinomaista liikettä optimikuormalla. (Cronin & Sleivert 2005.)

Mekaanisella teholla tarkoitetaan tehtyä työtä tietyssä aikayksikössä tai tuotetun voiman ja liikenopeuden tuloa (Cronin & Sleivert 2005; Haff & Nimphius, 2012).

Mekaaninen teho = Työ / Aika
= Voima x matka / Aika
= Voima x Nopeus

Tehoa (power) on yleisesti käytetty kuvaamaan yleistä hermolihaskäytännön kykyä tuottaa lyhytaikaista, anaerobista ja korkean intensiteetin suorituskykyä (Knudson 2009). Tehon käsite on tutkimuskirjallisuudessa sekoitettu muun muassa impulssiin, voimantuottonopeuteen (RFD) (Cronin & Sleivert 2005). Asian selventämiseksi tämän työn kannalta, on impulssin määritelmä keskimääräisen voiman ja ajan tulo (Enoka 2008: 68). RFD vastaavasti on yhtä kuin voiman muutos jaettuna ajan muutoksella (Viitasalo 1981). RFD ja impulssi ovat yhteydessä maksimaaliseen tehoon, mutta ne kuvaavat kuitenkin eri asioita ja ne on tästä syystä tärkeä pitää erillään (Cronin & Sleivert 2005). Tehon määrittelyn epämääräisyyden takia ovat monet tehontuottoon liittyneet tutkimukset olleet epäjärjestelmällisiä käytettyjen

menetelmien suhteen, sillä erilaisilla mittaustavoilla saadaan hyvin erilaisia tuloksia tehontuoton suhteen, mikä tekee tulosten vertailusta ja tulkinnasta ristiriitaista. (Knudson 2009.) Asian selventämiseksi, tässä työssä tehoon viitattaessa tarkoitetaan edellä kuvattua mekaanisen tehon määritelmää.

Jotta nopeusvoimaharjoittelu olisi P_{max} :a kehittävää, tulisi jokaisen toiston olla yritykseltään maksimaalinen ja tehon mahdollisimman suuri (Baker & Newton 2005). On vaikea sanoa kuinka suuri on suhteellisesti riittävä teho ollakseen vielä P_{max} :a kehittävä. On olemassa viitteitä siitä, että nopeusvoimaharjoittelussa ensimmäisellä toistolla ei vielä saavutettaisi P_{max} :a (Baker & Newton 2007). Lisäksi on epäselvää kuinka monen toiston jälkeen suorituskyky lähtee laskuun niin paljon, etteivät toistot enää ole P_{max} :a kehittäviä (Baker & Newton 2005). Molemmilla kysymyksillä voi olla merkitystä sen kannalta, kuinka monta kehittävää toistoa nopeusvoimasarjan ja -harjoituksen aikana saadaan tehtyä, samoin kuin nopeusvoiman testaamisen kannalta, jotta tiedetään kuinka monta toistoa tarvitaan sen hetkisen todellisen maksimaalisen suorituskyvyn saavuttamiseksi.

Nopeusvoimaharjoittelun onnistumisen kannalta keskeistä on lisäksi oikeantyyppisten harjoitteiden valinta. Kyykkyhypyt, rinnallevedot ja kuntopalloheitot ovat yleisesti käytettyjä harjoitteita nopeusvoimaharjoittelussa. Kahdesta ensimmäistä löytyy suhteellisen paljon tutkimustietoa, mutta kuntopalloheitoista tietoa löytyy toistaiseksi hyvin vähän. Esimerkiksi kuntopalloheitoissa tuotetun tehon suuruudesta ei tiettävästi ole vielä kirjallisuudessa raportoitua tietoa. Tästä huolimatta ovat erilaiset kuntopalloheitot, kuten jalkojen välistä ylös (JVY), pään yli taakse (PYT) sekä jalkojen välistä eteen (JVE) käytettyjä menetelmiä urheiluvalmennuksessa räjähtävän voimantuoton kehittämisessä. Näin ollen kuntopalloheittojen käytölle harjoitusmenetelmänä olisi perusteltavaa saada myös tieteellistä näyttöä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää muutoksia P_{max} :ssa nopeusvoimasarjojen aikana sekä verrata kuntopalloheitoissa tuotettua maksimaalista tehoa kyykkyhypyissä ja rinnallevedossa tuotettuun tehoon.

2 MAKSIMAALISEN TEHON BIOLOGINEN PERUSTA

Maksimaalisen tehontuoton perusta voidaan biologisesti jakaa lihasmekaanisiin, rakenteellisiin ja hermostollisiin tekijöihin. Mikäli yksittäinen biologinen tekijä vaikuttaa joko tuotettuun voimaan tai liikenopeuteen, on sillä merkitystä myös maksimaalisen tehon kannalta. (Cormie ym. 2011a.) Kokonaiskuva Pmax:n biologisen perustan muodostavista tekijöistä on esitetty taulukossa 1.

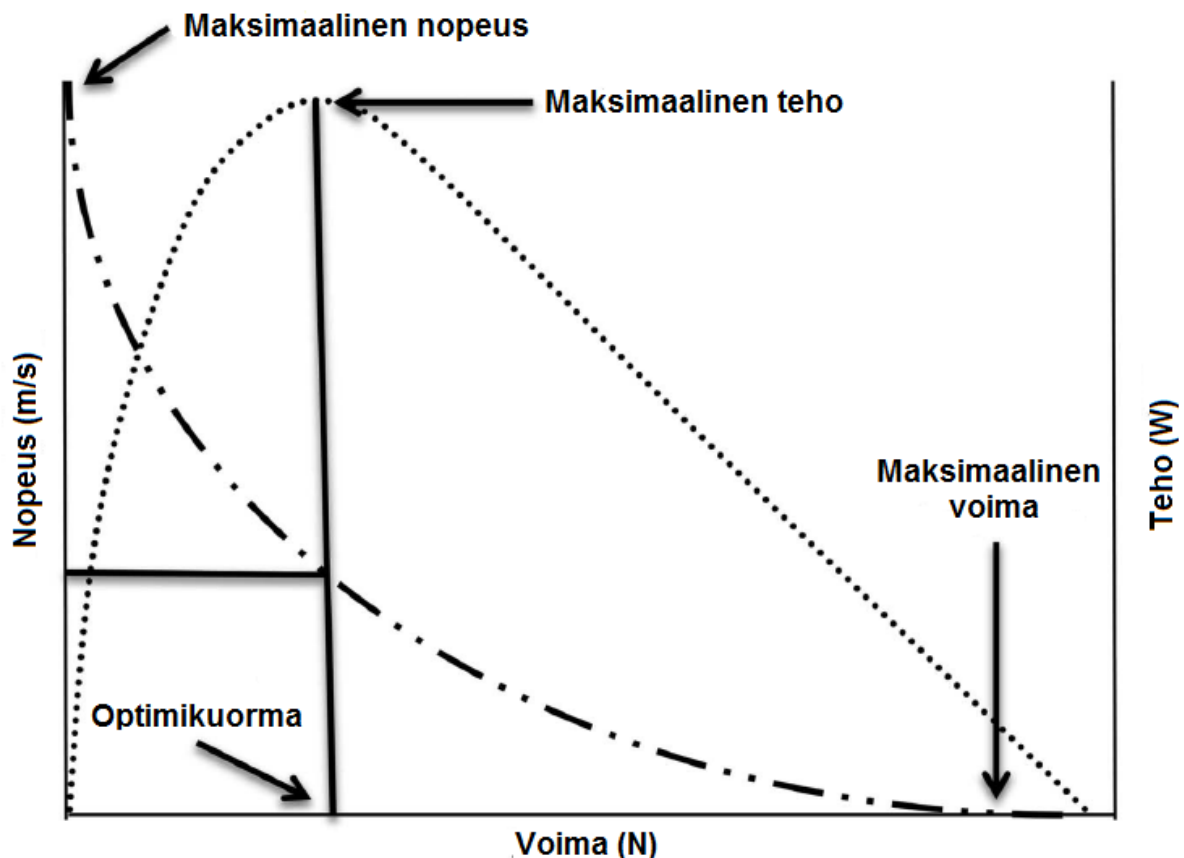
TAULUKKO 1. Maksimaalisen tehontuoton taustalla olevia biologisia tekijöitä (Cormie ym. 2011a).

Lihasmekaaniset tekijät	Morfologiset tekijät	Hermostolliset tekijät
Voima-nopeussuhde	Lihassolujakauma	Rekrytointi
Kuorma-tehosuhde	Lihassolun poikkipinta-ala	Syttymistiheys
Pituus-jännityssuhde	Lihassolun pituus	Synkronisaatio
Lihastyötapa	Pennaatiokulma	Koordinaatio
Venymis-lyhenemissykli		
Voimantuottoaika		
Elastisuus		
Venytyksrefleksi		
Potentioituminen		

2.1 Lihasmekaaniset tekijät

Yksittäinen lihas tuottaa maksimaalisen tehon, kun lihaksen supistumisnopeus on noin kolmasosa sen maksimaalisesta supistumisnopeudesta. Tätä kutsutaan **voima-nopeussuhteeksi**. Kun nopeus konsentrisessa voimantuotossa suurenee, niin lihaksen kyky tuottaa voimaa siis heikkenee. Yksittäisen lihaksen on todettu tuottavan suurin teho, kun kuormaa vastaan tuotettu voima on noin kolmasosa maksimaalisessa tahdonalaisessa isometrisessä supistuksessa (MVIC) tuotetusta voimasta. Tätä kutsutaan **kuorma-tehosuhteeksi**. (Enoka 2008: 372; Kaneko ym. 1983.) Voima-nopeus- ja kuorma-tehosuhteet perustuvat poikittaissiltojen muodostumiseen aktiini- ja myosiinifilamenttien välille, koska poikittaissiltojen kiinnittymiseen ja irtoamiseen tarvitaan tietty määrä aikaa. Näin ollen maksimaalisen tehon tuottaminen tietyssä liikkeessä vaatii sopivan suhteen voiman ja nopeuden välille. Kun nopeus muodostuu tarpeeksi suureksi, eivät poikittaissillat enää ehdi kiinnittyä voimantuoton kannalta riittävän nopeasti, jolloin maksimaalinen teho laskee. (Cormie ym. 2011a.) Vaikka edellä kuvatut tekijät perustuvat yksittäisen lihaksen tehontuotto-ominaisuuksiin, eivätkä esimerkiksi monimutkaisemmissa moninivelliikkeissä samat suhteet välttämättä muiden tekijöiden vaikuttaessa enää päde, noudattavat kuitenkin kaikki kehon lihakset samoja edellä kuvattuja periaatteita (Tihanyi ym. 1982). Voima-nopeus- ja kuorma-tehosuhteet on havainnollistettu kuvassa 1. Voimantuoton kannalta oleellista on lisäksi sarkomeerin **pituus-jännityssuhde**. Sarkomeerin pituus on maksimaalisen tehon kannalta optimaalisinta silloin, kun poikittaissiltoja saadaan muodostettua maksimaalinen määrä, jolloin on mahdollista saada aikaan mahdollisimman suuri jännitys. (Cormie ym. 2011a.)

Lihastyötapa vaikuttaa merkittävästi siihen kuinka suuri teho on mahdollista tuottaa. Kun lihassolu aktivoituu, venyy eksentrisesti ja supistuu välittömästi sen jälkeen, on sillä mahdollisuus tuottaa suurempi voima ja teho, kuin pelkässä konsentrisessa lihastyössä. (Komi, 1986.) Esivenytyksen ja konsentrisen lihastyön yhdistettyä toimintaa kutsutaan **venytys-lyhenemissykliksi** (Cavanagh & Komi 1979). Venymis-lyhenemissykli mahdollistaa pidemmän **voimantuottoajan**, joka on hyödyksi tehontuoton kannalta, koska tehon maksimaaliseen tuottamiseen tarvitaan riittävä määrä aikaa (van Zandwijk 1996). Lisäksi



KUVA 1. Maksimaalisen voiman, nopeuden ja tehon suhde toisiinsa. (Mukaeltu Haff & Nimphius 2012)

venymislyhenemissykli antaa mahdollisuuden elastisen energian varastointiin ja hyödyntämiseen kehon **elastisiin** rakenteisiin (Bosco ym. 1987). Kun lihas jännittyy venymislyhenemissyklin aikana, tapahtuu jänteessä lihasta enemmän venymistä, jolloin lihas tekee lyhyen aikaa työtä isometrisesti (Hof ym. 1983.) Lihas pystyy tällöin toimimaan lähellä omaa optimaalista pituus-jännityssuhdetta, sekä tekemään työtä hitaammalla nopeudella, koska osa lyhenemisnopeudesta on peräisin elastisista osista. Tällöin lihas-jännekompleksin tehontuotto kyky paranee verrattuna pelkkään konsentriseen lihassupistukseen. (Bosco & Komi 1979; Komi & Bosco 1978.) Lihasmekaanisista tekijöistä myös **venytysrefleksi** on merkittävässä roolissa venymislyhenemissyklin aikana. Lihasspindelien aktivoituminen lihaksen nopean venytyksen johdosta aktivoi venytysrefleksin, joka lisää alfa motoneuronin neuraalista aktiivisuutta lisäten lihaksen voimantuottoa. (Bosco ym. 1982; Komi & Gollhofer

1997.) Lisäksi supistuvien ja elastisten filamenttien **potentoitumisen** on todettu lisäävän tuotettua tehoa. Tarkkaa mekanismia filamenttien potentoitumiselle ei tiedetä, mutta sen uskotaan johtuvan poikittaissiltojen sisäisen tehokkuuden lisääntymisestä eli ei siitä siitä, että aktiivisia poikittaissiltoja olisi käytettävissä enemmän. (Sugi & Tsuchiya 1981.) Mahdollisia potentoitumista selittäviä tekijöitä ovat myosiinikevytketjujen suurempi fosforylointi kalsiumfosfaateille, sekä selkäytimen herkkyyden lisäys (Batista ym. 2007). Yksittäisen lihassupistuksen on tällä tavoin mahdollista vaikuttaa positiivisesti voimantuottoon seuraavan toiston aikana (Thomasson & Comfort 2011).

2.2 Morfologiset tekijät

Oleellinen tuotettuun tehoon vaikuttava tekijä on lihasten **lihassolujakauma**. 2-tyypin lihassoluilla on parempien voimantuotto- ja nopeusominaisuuksien johdosta moninkertainen kyky tuottaa tehoa hitaampiin 1-tyypin lihassoluihin verrattuna. 2-tyypin lihassolujen supistumisnopeus on 1-tyypin lihassoluja suurempi. (Tihanyi ym. 1982). Tätä selittää lihassolun sisäiset biologiset tekijät, kuten myosiiniraskasketjujen rakenne sekä suurempi ATPaasin aktiivisuus, joka on olennaisessa osassa ATP:n pilkkomisnopeuden kannalta. 2-tyypin lihassoluilla on lisäksi suurempi kapasiteetti kasvaa poikkipinta-alaltaan. (Cormie 2011a). Eristetyn **lihassolun poikkipinta-alan** on lihassolutyypistä riippumatta todettu olevan suorassa suhteessa tuotettuun voimaan (Shoepe ym. 2003). Näin ollen poikkipinta-alaltaan suuremmalla lihaksella on suuremman voimantuottokapasiteetin myötä paremmat edellytykset maksimaaliseen tehontuottoon (Widrick ym. 2002). **Lihassolun pituus** puolestaan vaikuttaa supistumisnopeuteen siten, että pitkä lihassolu supistuu lyhyempää lihassolua nopeammin (Cormie 2011a). Lisäksi lihassolujen **pennaatiokulma** eli lihassolujen asettuminen lihaksen liikesuuntaan nähden vaikuttaa voimantuottoon siten, että mitä suurempi pennaatiokulma lihassoluilla on, sen enemmän lihassoluja on vierekkäin, jolloin kyky tuottaa voimaa on parempi (Kubo ym. 2007).

2.3 Neuraaliset tekijät

Hermo-lihasjärjestelmän kykyyn tuottaa tehoa vaikuttaa olennaisesti motoristen yksiköiden **rekrytointi** eli se kuinka paljon ja minkä tyyppisiä motorisia yksiköitä rekrytoidaan. Motoriset yksiköt rekrytoidaan systemaattisessa järjestyksessä Hennemanin kokoperiaatteen mukaan eli pienemmästä motorisesta yksiköstä isompaan. (Henneman ym. 1974.) Maksimaalisen tehontuoton kannalta on tärkeää, että suuret motoriset yksiköt saadaan käyttöön mahdollisimman nopeasti, sillä niillä on hyvät ominaisuudet niin maksimaalisen voiman, kuin voimantuottonopeuden kannalta (Enoka & Fuglevand 2001). Teoriassa rekrytointi voi harjoittelun myötä adaptoitua maksimaalisen tehontuoton kannalta suotuisasti lisäämällä syttyneiden motoristen yksiköiden määrää, alentamalla niiden rekrytointikynnystä sekä valikoimalla rekrytoinnissa suuria motorisia yksiköitä. (Cormie ym. 2011a.) On mahdollista, että ballistisen harjoittelun myötä suurten motoristen yksiköiden rekrytointi helpottuu, ja tällöin rekrytoinnissa suuria motorisia yksiköitä valikoitaisiin ennen pienempiä vastoin Hennemanin kokoperiaatteetta (van Cutsem ym. 1998).

Motoristen yksiköiden **syttymistiheyden** kasvun on todettu lisäävän voimantuottoa (Enoka 1995). Suuri syttymistiheys suorituksen alussa vaikuttaa hyödyllisesti myös voimantuottonopeuteen (Cormie ym. 2011a). On havaittu, että ballistisen suorituksen alussa saattaa tapahtua suuri lyhytaikainen lisäys voimantuottonopeudessa, jonka jälkeen syttymistiheys laskee välittömästi (Zehr & Salr 1994). Arvellaan, että tämä johtuu lisääntyneistä doupleteista eli tupla-aktiopotentiaaleista, ja niillä voi olla suorituksen voimantuottonopeutta lisäävä vaikutus (Cormie ym. 2011a; van Cutsem ym. 1998). Yhdenaikainen motoristen yksiköiden syttyminen eli **synkronisaatio** on myös mahdollinen voimantuottoa lisäävä tekijä. Näyttöä löytyy siitä, että synkronisaatio kehittyisi voimaharjoittelun myötä (Milner-Brown ym. 1975). Lihaksen sisäisten motoristen yksiköiden osalta tähän ei ole selkeää näyttöä, sillä synkronoimattomien motoristen yksiköiden syttymisten on todettu aikaansaavan yhtä suuri voimantuotto kuin synkronoitujenkin (Cormie ym. 2011a). Synkronisaatio saattaa kuitenkin olla voimaa lisäävä mekanismi lihasten välillä **koordinaation** kehittymisen myötä (Mellor & Hodges 2005). Lihasten välinen koordinaatio

tarkoittaa hermoston kykyä aktivoida agonistit, synergistit ja antagonistit suoritettun liikkeen kannalta optimaalisella ajoituksella ja suuruudella (Cormie ym. 2011b). Yksittäinen lihas ei optimikuormalla moninivelliikkeissä välttämättä tuota niin suurta tehoa, kuin se eristetyesti pystyisi tuottamaan. Näin ollen maksimaalista tehontuottokykyä saattaa moninivelliikkeissä rajoittaa enemmän lihasten välinen koordinaatio, kuin yksittäisten lihasten eristetty tehontuottokyky. (Wakeling ym. 2010.)

3 MAKSIMAALISEN TEHONTUOTON KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET

3.1 Tehon mittaaminen

Tehoa voidaan mitata niin ulkoisesta suorituksesta, kuin eristetystä lihaksesta, minkä lisäksi sitä voidaan arvioida erilaisilla kineettisillä ja kinemaattisilla laskelmilla (Enoka 2008: 372). On ehdotettu, että urheilusuorituskykyä mittaavissa tutkimuksissa tehon määrittäminen tulisi rajata ulkoisesti mitattuun tehoon tietyssä liikkeessä. Tätä perustellaan sillä, että eristetyistä kehonosista lasketun tehontuoton laskeminen yhteen edustamaan koko kehon maksimaalista tehontuottoa on ongelmallista, sillä ihmiskeho on monimutkainen kokonaisuus, jossa on lukuisia määriä muuttujia osallisena tehontuottoon (Knudson 2009).

Ulkoista tehoa voidaan mitata pääasiassa kahdella tavalla; voimalevyllä reaktiivoimista tai siirtymää mittaavalla laitteella. Molemmissa menetelmissä on omat rajoituksensa ja niiden yhdistelmää käyttämällä saadaankin todennäköisesti luotettavin tulos tuotetusta tehosta. (Hori ym. 2006.) Mittaamalla pelkällä siirtymää mittaavalla anturilla, joka yleensä kiinnitetään levytankoon, saadaan yleensä tulokseksi todellisuutta suurempia lukemia tehontuotosta (Cormie ym. 2007a). Syynä tähän on se, että tangon nopeus on kehon massakeskipisteen nopeutta suurempi (Lake ym. 2012). Pelkällä voimalevyllä mitattaessa on kuitenkin mahdollista päästä luotettavaan tulokseen maksimaalisen tehon osalta, kun tiedostetaan tietyt rajoitukset. Näihin rajoituksiin kuuluu, että liike tulee aloittaa paikaltaan. Lisäksi nostettava kuorma ei saa olla kiinni maassa mittauksen alkaessa, sillä testattavan ja kuorman yhteenlasketun massan täytyy pysyä koko mittauksen ajan samana. Näin ollen esimerkiksi olympianostojen suorittaminen kuorman ollessa lähtötilanteessa ei ole voimalevyllä mitattaessa mahdollista, vaan liike tulee aloittaa riipunnasta. (Hori ym. 2006.)

Voimalevyn käytön etuna mittauslaitteena on, että monissa lajeissa on suuri merkitys sillä, kuinka nopeasti urheilija pystyy tuottamaan voimaa vasten alustaa (Haff & Nimphius, 2012). Näin ollen esimerkiksi olympianostoissa on käytännössä muiden lajien, kuin painonnoston suorituskyvyn kannalta, enemmän merkitystä maahan tuotetulla voimalla tankoon tuotetun

voiman sijaan. Painonnostajilla puolestaan tangon liikenopeus on suorituskyvyn kannalta oleellisempaa (Hori ym. 2006). Toiseksi sillä pystytään mittaamaan monensuuntaisia voimia, pelkkien vertikaalitasen voimien sijaan. Kolmanneksi jos tehontuottoa halutaan verrata eri liikkeiden välillä, on tärkeää, että mittaustapa ja laskukaavat pysyvät samoina, ja voimalevyllä mitattaessa tämä on mahdollista. (Cronin & Sleivert 2005.)

Tehoa voidaan mitata huipputehona tai keskimääräisenä tehona, ja molempia on laajasti käytetty tutkimuksissa. Niillä voidaan kuitenkin saada hyvin erilaisia arvoja maksimaalisen tehon suhteen johtuen siitä, että huipputeho lasketaan vain hyvin lyhyeltä ajalta, kun taas keskimääräinen teho lasketaan koko suorituksesta tai sen konsentrisesta tai eksentrisestä osasta. (Cormie & Flanagan 2008.) Keskimääräisen tehon etuna huipputehohon verrattuna on se, että siinä on pienempi riski suurille mittausvirheille (Hori ym. 2006).

3.2 Maksimaalisen tehon harjoittamisen periaatteet

3.2.1 Intensiteetti

Kuormaa, jolla tietyssä liikkeessä tuotetaan suurin teho, kutsutaan optimikuormaksi. Optimikuormalla tuotettu teho on puolestaan liikekohtainen tuotettu maksimaalinen teho (kuva 1). Se saadaanko optimikuormalla eli tietyn liikkeen maksimiteholla harjoittelemisesta suurin vaikutus suorituskyvyn kehittymisen kannalta on ristiriitaista. (Cronin & Sleivert 2005.) On esitetty, että maksimaalisen tehon tuottama intensiteetti antaisi parhaan stimuluksen tehon kehittämiseksi (Kawamori & Haff 2004). Tulokset optimikuorman määrittämisessä ovat Croninin ja Sleivertin (2005) mukaan kuitenkin melko heikosti toistettavissa, sillä optimikuormaan vaikuttaa useita päivittäin vaihtelevia tekijöitä, kuten urheilijan maksimivoimataso ja harjoitustila. Lisäksi maksimivoimaharjoittelujakson jälkeen on todettu, että maksimaalinen teho tuotetaan suuremmalla suhteellisella kuormalla. Vastaavasti nopeusharjoitusjakson jälkeen on todettu, että optimikuorma laskee (Baker 2001). Näin ollen todellisen optimikuorman löytäminen voi olla ongelmallista ja aikaa vievää (Hori ym. 2006).

Intensiteetti, jolla maksimaalinen teho tuotetaan, vaihtelee hyvin paljon harjoitteen mukaan. Näyttäisi siltä, että kyykkyhyppyissä ilman kuormaa, eli käytännössä kevennyshypyssä, tehontuotto olisi suurimmillaan. (Cormie ym. 2011a.) Tätä kutsutaan MDO-hypoteesiksi (Maximum Dynamic Output hypothesis) (Jaric & Markovic 2009), ja sitä on testattu pitävästi ruumiinrakenteeltaan niin kevyillä kuin raskaammilla testattavilla sekä myös negatiivisella kuormalla, jolloin tutkittavien kuormaa on kevennetty ulkoisesti (Nuzzo ym. 2010; Argus 2011). Muihin harjoitusliikkeisiin, kuten olympianostoihin ja levytankoliikkeisiin, verrattuna tuotetaan kevennyshypyssä siis suurin raportoitu teho (Haff & Nimphius 2012). Rinnallevedossa puolestaan maksimiteho saavutetaan huipputehona mitattaessa yleensä 70-90 % 1 RM:sta (Haff & Nimphius 2012). Rinnallevedossa teho saattaa kuitenkin pysyä lähellä maksimia melko laajalla osalla kuorma-tehokäyrästä. Esimerkiksi Kawamorin ym. (2005) tutkimuksessa suurin huipputeho ja keskimääräinen teho tuotettiin rinnallevedossa riipunnasta 70 % 1 RM:sta, mutta se ei eronnut merkittävästi 50 tai 90 % kuormilla tuotetusta tehosta. Suuri ero optimitehon tuottamassa intensiteetissä kyykkyhyppyn ja rinnallevedon välillä johtuu siitä, että kyykkyhyppyssä joudutaan liikuttamaan koko kehon massaa, kun taas rinnallevedossa kiihtyvyys kohdistetaan tankoon ja liikettä joudutaan jarruttamaan loppuvaiheessa tangon kiinniottamiseksi. Lisäksi optimikuorma rinnallevedossa olisi alempi, jos se suhteutettaisiin maastavedon 1RM:iin. (Cormie ym. 2011b.)

Toisaalta teho on usein lähellä maksimia usealla eri kuormalla (Baker ym. 2001) kuten teoreettisesta kuvasta 1 on nähtävissä. Koska teho on nopeuden ja voiman tulo, on intensiteetin osalta olemassa tietty väli voima-nopeuskäyrällä, jolla tuotetaan hyvin lähellä maksimaalista tehoa olevia arvoja. Näin ollen, kun tiedetään intensiteetti jolla maksimaalinen teho yleensä ilmenee, saavutetaan todennäköisesti melko lähellä maksimia oleva teho, ja se voidaan saavuttaa joko absoluuttista maksimaalista tehoa suuremmalla nopeudella tai suuremmalla voimalla. (Baker ym. 2001.) On esitetty, että optimikuormalla harjoittamisen sijaan urheilijoiden tulisi voimaharjoittelussaan käyttää pääasiassa sellaisia kuormia, joita vastaavia voimia vastaan he joutuvat kamppailemaan omassa lajissaan (Cormie & Flanagan 2008). Tätä tukee se, että tehon kehittymisen on todettu olevan spesifiä sille kuormalle, jolla harjoittelu on pääasiassa tehty (Kawamori & Haff 2004). Näin ollen omaa kehonpainoa tai kevyttä välinettä pääasiassa käytettävissä lajeissa tulisi harjoittelussa suosia voima-

nopeusjatkumon nopeuspäätä. Lajeissa, joissa työtä tehdään raskasta ulkoista vastusta vastaan, tulisi maksimaalisen tehon sijaan vastaavasti suosia voimapään ominaisuuksia (Cormie & Flanagan, 2008).

3.2.2 Sarjojen ja palautusten pituus

On ehdotettu, että maksimaalisen tehon kehittämisessä olisi tärkeä välttää väsymistä, jotta intensiteetti ei sarjojen aikana pääse merkittävästi laskemaan (Baker & Newton 2005). Tärkeimmät ärsykkeet maksimaalisen tehon kehittymiselle näyttäisivät olevan suuri liikenopeus sekä suuri teho. Toisaalta on mahdollista, että samoin kuin maksimivoiman kehityksessä voi akuutti aineenvaihduntatuotteiden kasaantuminen sarjan aikana saada maksimaalisen tehontuoton kannalta aikaan positiivisia hormonaalisia sekä hermostollisia adaptaatioita. (Hansen ym. 2011b.) Parissa tutkimuksessa penkkipunnerrusliikkeessä teho on kehittynyt enemmän pidemmällä kuuden toiston sarjoilla lyhyempien kolmen toiston sarjojen sijaan volyymin ollessa vakio. Samoissa tutkimuksissa myös maksimivoima on kehittynyt vastaavalla tavalla. (Drinkwater ym. 2005; Lawton ym. 2004.) Lähemmäksi epäonnistunutta toistoa (failure) tehdyt sarjat saattavat näin ollen johtaa suurempaan maksimaalisen tehon kehitykseen, kuin lyhyemmällä sarjoilla, ainakin, jos maksimaalinen voima kehittyy samanaikaisesti. Izquierdo ym. (2006) ehdottivat kuitenkin, että harjoitusohjelman herkistelyvaiheessa lyhyemmät sarjat (2-4 toistoa) olisivat pidempiä ja lähemmäksi epäonnistunutta toistoa johtavia sarjoja tehokkaampia maksimaalisen tehon kehityksen kannalta.

Aikaisemmissa tehon laskua tarkastelluissa tutkimuksissa teho on tavanomaisissa nopeusvoimasarjoissa tippunut noin 5-10 % (Moreno ym. 2012; Thomasson & Comfort 2012; Hansen ym. 2011a; Baker & Newton 2007; Haff ym. 2003), jota on myös suositeltu rajaksi sille, kuinka paljon teho saa nopeusvoimasarjan aikana tippua (Baker & Newton 2007). Näin ollen sarjojen pituudet nopeusvoimaharjoituksissa tulisi pitää suhteellisen lyhyinä ja lepotauot sarjojen välillä riittävän pitkinä. Välittömien energialähteiden ja hermoston palautumiselle tulee tavanomaisten nopeusvoimasarjojen välissä antaa riittävästi aikaa palautua, jolloin

palautus sarjojen välissä tulisi olla 3-5 min. (Bompa & Haff 2009: 276.) Baker ja Newton (2005) suosittelevat näin ollen kahdesta kolmeen toistoa sarjaa kohden 45-60 % kuormilla 1 RM:sta ballistisessa kyykkyhypyssä ja penkkipunnerruksessa ja vastaavasti kolmesta viiteen toistoa 30-45 % kuormilla 1 RM:sta. Optimaalinen toistomäärä voi kuitenkin vaihdella harjoitteesta riippuen (Baker & Newton 2007) ja raskaammilla kuormilla väsymys alkaa todennäköisesti vaikuttaa kevyempiä kuormia aikaisemmin (Thomasson & Comfort 2011).

Liikenopeuden pienenemisen on todettu olevan luotettava mittari osoittamaan aineenvaihduntatuotteiden kertymistä lihakseen. Veren laktaattipitoisuuden on havaittu nousevan lineaarisesti voimaharjoitussarjojen aikana, kun taas veren ammoniakkipitoisuuden nousun on todettu olevan käyräviivaista. Kohtaa, jossa veren ammoniakkipitoisuus lähtee selvästi nousuun, onkin ehdotettu pisteeksi, jota ennen sarja tulisi lopettaa, mikäli tavoitteena on liikenopeuden tai maksimaalisen tehon kehittäminen. (Sánchez-Medina & González-Badillo 2011) On myös ehdotettu, että ennalta määrättyjen toistomäärien sijaan keskityttäisiin liikenopeuden säilymiseen, jolloin sarja lopetetaan ennen kuin liikenopeus lähtee merkittävästi laskuun. Liikenopeuden objektiiviseen tarkasteluun tarvittaisiin kuitenkin liikenopeutta mittaavaa laitetta, mikä ei harjoittelussa usein ole realistista. (Baker & Newton 2007.) Realiaikaisen palautteen antaman liikenopeuden analysoijan käytöllä on kuitenkin lukuisia hyötyjä nopeusvoimaharjoittelun kannalta. Sen avulla pystytään muun muassa säätämään harjoituskuormaa päivittäistä harjoitustilaa vastaavaksi, ennustamaan 1 RM:a luotettavasti, seuraamaan urheilijan kehitystä, sekä lopettamaan sarja halutulla väsymyksen asteella. (Jovanovic & Flanagan 2014.)

Vaihtoehtoinen tapa tavanomaisten nopeusvoimasarjojen sijaan on tehdä cluster-sarjoja (cluster sets). Tällöin nopeusvoimasarjan sisällä pidetään muutaman (1-3) toiston välein lyhyt (10-45 s) sarjansisäinen palautus, jonka avulla voidaan lisätä nopeusvoimaharjoituksen intensiteettiä tavanomaisiin nopeusvoimasarjoihin verrattuna (Haff ym. 2003). Cluster-sarjojen tekemisen on todettu harjoituksen aikana kasaantuvaa väsymystä ja lisäksi maksimaalisen tehon ja intensiteetin on todettu pysyvän harjoituksen aikana korkeampana

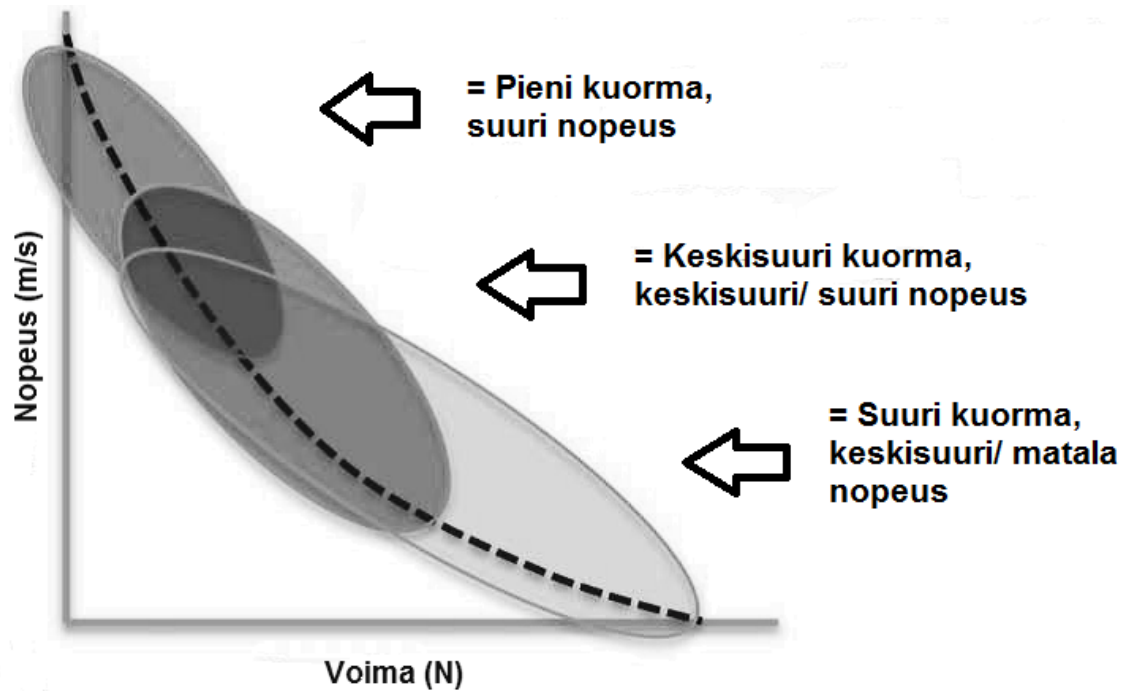
tavanomaisiin nopeusvoimasarjoihin verrattuna. (Haff ym. 2003; Hansen ym. 2011a; Moreno ym. 2014.)

Nopeusvoimasarjoissa tulisi toistoja kuitenkin olla sarjan aikana riittävästi, jotta varmistutaan siitä, että suurin mahdollinen teho saadaan sarjan aikana tuotettua (Baker & Newton 2005). Baker ja Newton (2007) osoittivat tutkimuksessaan, että suurinta tehoa ei sarjassa ballistisia penkkipunnerruksia ja kyykkyhyppyjä tuoteta vielä 1. toistolla, vaan 2. tai 3. toistolla. Myös Thomasson ja Comfort (2011) tekivät vastaavan havainnon sarjoista kyykkyhyppyjä, ettei ensimmäinen toisto ollut sarjan tehokkain. Kuitenkin myös vastakkaisia tuloksia on raportoitu, missä 1. toisto on ollut sarjan tehokkain (Haff ym. 2003, Hansen ym. 2011a).

3.2.3 Nopeusvoimaharjoitteiden luokittelu

Nopeusvoimaharjoitteet voidaan voima-nopeuskäyrällä luokitella mitatun voiman ja liikenopeuden mukaan karkeasti seuraaviin kategorioihin (kuva 3):

- 1) pienen kuorman ja suuren nopeuden liikkeet: esimerkiksi kevennyshyppy ja kyykkyhyppy pienellä lisäkuormalla
- 2) keskisuuren kuorman ja suuren nopeuden liikkeet: esimerkiksi tempaus, pudotushyppy, rinnalleveto ja työntö
- 3) suuren kuorman ja matalan nopeuden liikkeet: esimerkiksi takakyykky, maastaveto ja penkkipunnerrus. (Haff & Nimphius 2012.)



KUVA 2. Nopeusvoimaharjoitteiden luokittelu voima-nopeuskäyrällä. (Mukaeltu Haff & Nimphius 2012).

On ehdotettu, että maksimaalisen tehontuoton optimoimisessa tulisi ottaa huomioon kolme pääasiallista tekijää (Haff & Nimphius; 2012; Cormie ym. 2011b). Ensiksi maksimivoima tulisi kehittää mahdollisimman suureksi, sillä maksimivoiman kehitys on suorassa suhteessa kykyyn tuottaa maksimaalista tehoa ja voimaa lyhyen ajan sisällä. Toiseksi voimantuottonopeuden kehittäminen on tärkeää, koska useissa urheilu suorituksissa voimantuottoajat vaihtelevat 50-250 millisekunnin välillä. Kolmanneksi suuri määrä voimaa pitäisi pystyä tuottamaan myös silloin kun supistusnopeus kasvaa, mikä voidaan ajatella liikekohtaisen maksimaalisen tehon harjoittamisena. Kolme edellä mainittua tekijää huomioimalla tulee koko voima-nopeuskäyrää kehitettyä. (Haff & Nimphius 2012.) Tekijät ovat läheisessä yhteydessä toisiinsa maksimivoiman kuitenkin ollessa etenkin harjoittelemattomilla maksimaalista tehontuottoa suurin rajoittava tekijä. On osoitettu, että maksimivoiman kehitys on läheisessä yhteydessä maksimaalisessa tehossa ja voimantuottonopeudessa tapahtuvaan kehityksen kanssa. (Stone ym. 2001). Lisäksi on viitteitä siitä, että hyvän maksimivoimatason omaavat urheilijat vastaavat paremmin

nopeusvoimaharjoitteluun, mikä myös tukee maksimivoiman ensisijaista kehittämistä (Cormie 2010). Maksimaalisen tehon harjoittamisesta on rajallisesti hyötyä, mikäli maksimivoimataso ei ole riittävä (Cormie ym. 2011b). Kirjallisuudessa yleisesti suuntaa antavana ja riittävänä alavartalon maksimivoimatasona pidetään 2x oman kehonpainoa vastaavaa takakyykkytulosta (Haff & Nimphius 2012).

3.3 Maksimaalisen tehon yhteys suorituskyykyyn

Kyky tuottaa suuri määrä tehoa luetaan tärkeäksi ominaisuudeksi monissa lajeissa, joissa täytyy tehdä nopeita suorituksia, kuten esimerkiksi juosta, hypätä, tai tehdä äkillisiä suunnanmuutoksia (Stone ym. 2001; McBride ym.1999; Nimphius 2010). Korkeamman tason urheilijoiden on useassa lajissa havaittu tuottavan suurempi maksimaalinen teho, kuin alemmalla tasolla kilpailevien (Hansen ym. 2011b; Barker ym. 1993; Hoff ym. 2004). Lisäksi maksimaalisen tehon yhteyttä muihin nopeusvoimaa kuvaaviin tekijöihin kuvaa, että kyky tuottaa maksimaalista tehoa on kehittynyt monessa seurantatutkimuksessa yhdessä nopeuden, ketteryyden ja voimantuottonopeuden kanssa (McBride ym. 2002). Bakerin (2001) mukaan muutokset tuotetussa maksimaalisessa tehossa korreloivat hyvin suorituskyykyyn muutosten kanssa eri harjoitusjaksojen välillä.

On ristiriitaista, onko huipputeho vai keskimääräinen teho parempi arvo ennustamaan suorituskyykyä. Huipputehon on todettu korreloivan paremmin hyppykorkeuden kanssa verrattuna keskimääräiseen tehoon. Harmanin ym. (1990) tutkimuksessa huipputeho korreloi hyvin ($r=0,88$) vertikaalihypyn nousukorkeuden kanssa, kun taas vastaavasti keskimääräinen teho korreloi huonommin ($r=0,54$). Huipputeho saattaa lisäksi olla absoluuttisen räjähtävyyden kannalta olennaisempi arvo (Dugan ym. 2004). Huomioitavaa on kuitenkin se, että huipputeho edustaa vain yksittäistä lyhyttä aikaväliä liikkeessä. Näin ollen suuren nopeuden liikkeissä keskimääräinen teho näyttäisi olevan paremmin yhteydessä suorituskyykyyn koko liikkeessä (Cormie & Flanagan 2008). Horin (2006) mukaan puolestaan molemmat arvot yhdessä antavat parhaimman kuvan urheilijan suorituskyykyvystä.

Cronin ja Sleivert (2005) puolestaan esittivät, että maksimaalinen teho ei välttämättä olisi tärkein voimaominaisuus suorituskyvyn kannalta, vaan muilla ominaisuuksilla, kuten impulssilla tai voimantuottonopeudella saattaisi olla suurempi merkitys. Erityisesti ensimmäisen 40 millisekunnin aikana tuotettu voima näyttäisi olevan tekijä, joka auttaa maksimoimaan impulssin ja näin ollen saattaisi olla vahvemmin yhteydessä hyppäämiseen tai juoksussa kiihdytykseen, kuin maksimaalinen teho (Knudson 2009). Tätä tukee se, että kevennyshypyn nousukorkeus ei välttämättä muutu, vaikka kehoon suhteutettu maksimaalinen teho nousisikin kyykkyhyppyharjoittelun myötä (Cormie & Flanagan 2008). Menestys useimmissa lajeissa liittyykin muiden suorituskykyyn liittyvien tekijöiden maksimointiin, kuten nopeuden, voiman, tekniikan sekä näiden yhdistelmien parantamiseen. Suorituskykyä arvioitaessa tulisikin maksimaalisen tehon lisäksi mitata myös muita nopeusvoimaominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä, sillä tuotettu teho näyttäisi olevan vain yksi suorituskykyyn vaikuttava tekijä. (Cronin & Sleivert 2005.)

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää muutoksia tehossa nopeusvoimasarjojen sisällä. Lisäksi tutkimuksella pyritään selvittämään tuotetaanko kuntopalloheitoissa kyykkyhyppyyn ja rinnallevetoon riipunnasta verrattuna vastaavia lukemia Pmax:ssa.

Tutkimuskysymys 1:

Saavutetaanko maksimaalinen teho nopeusvoimasarjassa ensimmäisellä toistolla?

Hypoteesi 1:

Maksimaalista tehoa ei saavuteta vielä ensimmäisellä toistolla.

Teoriatausta: Baker ja Newton (2007) mittasivat korkean tason rugbypelaajilla maksimitehoa Smith-laitteessa ballistisessa penkkipunnerruksessa sekä kyykkyhyppyssä 60 kilon ulkoisella kuormalla 10 toiston sarjana. Kyykkyhyppyssä kuorma oli keskimäärin 35 % koehenkilöiden 1 RM:sta takakyykyssä ja tehoa mitattiin tangon siirtymää mittaavalla anturilla. Koska suorituskyky kyykkyhyppyssä ja rinnallevedossa on läheisessä yhteydessä toisiinsa, on sama löydös mahdollisesti havaittavissa myös rinnallevedossa (Baker ym. 1999). Thomasson ja Comfort (2012) puolestaan havaitsivat ammattilaisrugbypelaajilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa mitattiin huipputehoa voimalevyllä, että staattisissa kyykkyhyppyissä 6 toiston sarjoissa huipputehoa ei tuotettu ensimmäisellä toistolla. Kyseisessä tutkimuksessa kehonpainolla tehokkain toisto oli kuudes toisto, 20 ja 40 % 1 RM:sta neljäs sekä 60% 1 RM:sta toinen toisto.

Tutkimuskysymys 2:

Lähtekö tehontuotto nopeusvoimasarjoissa merkittävästi laskuun ensimmäisen viiden toiston

aikana?

Hypoteesi 2:

Maksimiteho lähtee laskuun viimeistään viiden toiston jälkeen.

Teoriatausta: Bakerin ja Newtonin (2007) yllä kuvaillussa tutkimuksessa maksimaalinen keskimääräinen teho lähti kyykkyhyppyssä ja ballistisessa penkkipunnerruksessa merkittävästi laskuun viiden toiston jälkeen. Myös Thomasson ja Comfort (2012) raportoivat 60 % kuormalla 1 RM:sta huipputehon laskeneen tilastollisesti merkitsevästi viiden toiston jälkeen. Hansen ym. (2011a) puolestaan raportoivat huipputehon laskeneen tilastollisesti merkitsevästi jo ensimmäisen toiston jälkeen kyykkyhyppyssä kuuden toiston sarjassa yksittäisinä suorituksina.

Tutkimuskysymys 3:

Tuotetaanko kuntopalloheitoissa kyykkyhyppyyn ja rinnallevetoon riipunnasta verrattavissa oleva teho?

Hypoteesi 3:

Kuntopalloheitoissa tuotetaan rinnallevetoon riipunnasta ja kyykkyhyppyyn verrattavissa oleva teho.

Teoriatausta: Kuntopalloheitoista ei kirjallisuudessa ole kirjoittajan tietojen mukaan olemassa viitearvoja tuotetun tehon suhteen. Heittomatkaa on kuntopalloheitoissa kuitenkin mitattu muutamassa tutkimuksessa ja sen on todettu korreloivan hyvin kevennyshyppyssä tuotettun huippu- ja keskimääräisen tehon kanssa ($r = 0,59-0,90$) (Duncan & Hankey, 2010; Mayhew ym. 2005). Lisäksi kuntopalloheitossa pään yli taakse (PYT) on liikemallin ja lihasten voimantuoton raportoitu olevan samankaltainen kyykkyhyppyyn verrattuna, (Stockbrugger & Haennel 2001; 2003), joten oletetaan, että yhteneväisyys liikkeiden välillä löytyy myös tehontuoton osalta.

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Tutkittavat

Tutkimukseen rekrytoitiin 24 tutkittavaa, joista miehiä oli 19 ($184,3 \pm 5,1$ cm; $90,2 \pm 13,6$ kg; $25,5 \pm 4,9$ v.) ja naisia 5 ($169,6 \pm 5,1$ cm; $58,8 \pm 6,9$ kg; $23,2 \pm 0,8$ v.). Tutkittavat rekrytoitiin seuraavien kriteerien mukaisesti: 1) heidän tuli olla urheilijoita, joiden lajissa nopeusvoima on merkittävässä osassa; 2) heidän tuli olla tottuneita harjoittamaan räjähtävää voimaa ja 3) tutkimuksessa käytettyjen harjoitusliikkeiden tuli olla tutkittaville ennalta tuttuja. Tutkittavat rekrytoitiin Jyväskylän alueelta eri urheiluseuroista ja he osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti. Tutkittavia oli neljästä eri lajiryhmästä: uinnista, yleisurheilusta (lajeina 7- ja 10-ottelu, sekä keihäänheitto), crossfitistä sekä palloilusta (lajeina rugby, salibandy, jalkapallo sekä koripallo). Kokonaiskuva tutkittavista on esitetty taulukossa 2. Tutkimus sai Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan suostumuksen.

TAULUKKO 2. Tutkittavien tiedot lajiryhmittäin.

Lajiryhmä	N (miehiä+naisia)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Ikä (v)
Palloilijat	12 (11+1)	$181,4 \pm 5,6$	$91,7 \pm 15,3$	$25,7 \pm 4,3$
Uimarit	4 (3+1)	$180,0 \pm 8,8$	$73,3 \pm 6,4$	$22,0 \pm 2,2$
Yleisurheilijat	4 (3+1)	$182,5 \pm 9,7$	$78,4 \pm 15,1$	$26,0 \pm 6,7$
Crossfit-urheilijat	4 (2+2)	$180,5 \pm 12,1$	$87,0 \pm 15,1$	$25,0 \pm 3,4$

5.2 Tutkimusasetelma

Mittaukset toteutettiin kahdella eri mittauskerralla, joista ensimmäisellä kerralla suoritettiin kyykkyhyppy ja rinnalleveto riipunnasta ja toisella kuntopalloheitot kolmella eri tekniikalla; kuntopalloheitto jalkojen välistä ylös (JVY), pään yli taakse (PYT) sekä jalkojen välistä eteen

(JVE). Mittauksissa mitattiin tuotettua tehoa voimalevyllä huipputehona ja keskimääräisenä tehona, voimantuottoa huippuvoimana ja keskimääräisenä voimana horisontaali- ja vertikaalitasossa, sekä kyykkyhyppyissä impulsseja. Mittauksiin osallistui yhdellä kerralla yhdestä viiteen urheilijaa ja jokaisen tutkittavan kohdalla mittauskertojen välissä oli vähintään 7 päivää.

Tutkittavista yksi naisurheilija ei loukkaantumisen takia pystynyt osallistumaan toiseen mittauskertaan. Yksi miesurheilija ei samasta syystä suorittanut rinnallevetotestejä. Kuntopalloheitoissa viisi miestä eivät heittäneet lainkaan PYT:ja. Samat tutkittavat suorittivat JVE:ssa ja JVY:ssa ainoastaan kaksi toistoa palloa kohden, sillä tutkittavilla oli mittausajankohdasta kaksi päivää eteenpäin kilpailutapahtuma ja liian kovaa kuormitusta ennen sitä haluttiin välttää.

Tutkittavat suorittivat ennen molempia mittauskertoja vähintään 10 minuutin omatoimisen lämmittelyn, jonka jälkeen tutkittavat suorittivat vielä mittauskerran testiliikkeissä niin monta toistoa kuin he halusivat. Ensimmäisen mittauskerran aluksi tutkittavilta mitattiin pituus ja paino. Ennen varsinaisia mittauksia tutkittavilta vakioitiin kyykkisyvyys kyykkyhyppyjä varten siihen tarkoitettulla laitteella. Tutkittavat saivat itse valita kyykkisyvyyden, joka tuntui luontevimmalta. Kyykkisyvyyden vakiointi suoritettiin ohjeistamalla tutkittavaa tekemään muutaman toiston, jonka jälkeen tutkittava käskettiin jäämään ala-asentoon haluamalleen kyykkisyvyydelle, jolloin syvyydenvakioija asetettiin sille korkeudelle. Syvyys kirjattiin ylös kojeessa olleen mitta-asteikon mukaan. Lisäksi polvikulma ala-asennossa mitattiin goniometrillä.

Kyykkyhyppy. Ensimmäisen mittauskerran aluksi tutkittavat suorittivat kolme kevennyshyppyä kädet lantiolla omaan tahtiin. Tämän jälkeen tutkittavat suorittivat kyykkyhyppyt kuuden toiston sarjoissa neljällä eri kuormalla 11, 20, 30 ja 40 kilolla tanko niskassa. 11 kilon kuorma valittiin siksi, että 10 kilon kuorman kasaaminen ei käytännön syistä ollut mahdollista. Kaikille tutkittaville samoihin absoluuttisiin kuormiin päädyttiin, koska on viitteitä siitä, että näin on mahdollista vähentää yksilöiden välistä vaihtelua, jolloin mittaus saattaa olla

tutkimusasetelman muutoksille herkempi. Lisäksi absoluuttisten kuormien käyttö on tehontuottoa mitanneissa tutkimuksissa ollut yleistä. (Baker & Newton 2007.) Kuuteen toistoon sarjaa kohden päädyttiin puolestaan siksi, että Bakerin ja Newtonin (2007) tutkimuksessa havaittiin merkittävää tehon tippumista viiden toiston jälkeen. Näin ollen oletettiin, että kuusi toistoa on riittävä määrä siihen, että olisi mahdollista havaita tehon laskua sarjan aikana. Kyykkyhyppyt suoritettiin yksittäisinä toistoina, jolloin jokaisen suorituksen välillä oli noin viiden sekunnin tauko. Kyykkyhyppyissä tutkittavan takamuksen tuli osua kyykkysyvyyden vakiointiin tarkoitettuun laitteeseen (kuva 3).



KUVA 3. Kyykkyhyppyjen (vasemmalla) ja kuntopalloheittojen konsentrisen vaiheen lähtöasento. (kuvat: Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus)

Rinnallevedot riipunnasta. Rinnallevedot suoritettiin riipunnasta polvien yläpuolelta yksittäisinä toistoina. Suoritukset aloitettiin yläasennosta tangon ollessa lantiota vasten. Tutkittavat ohjeistettiin pitämään ennen jokaista toistoa 1-2 sekunnin tauko liikkeen alun

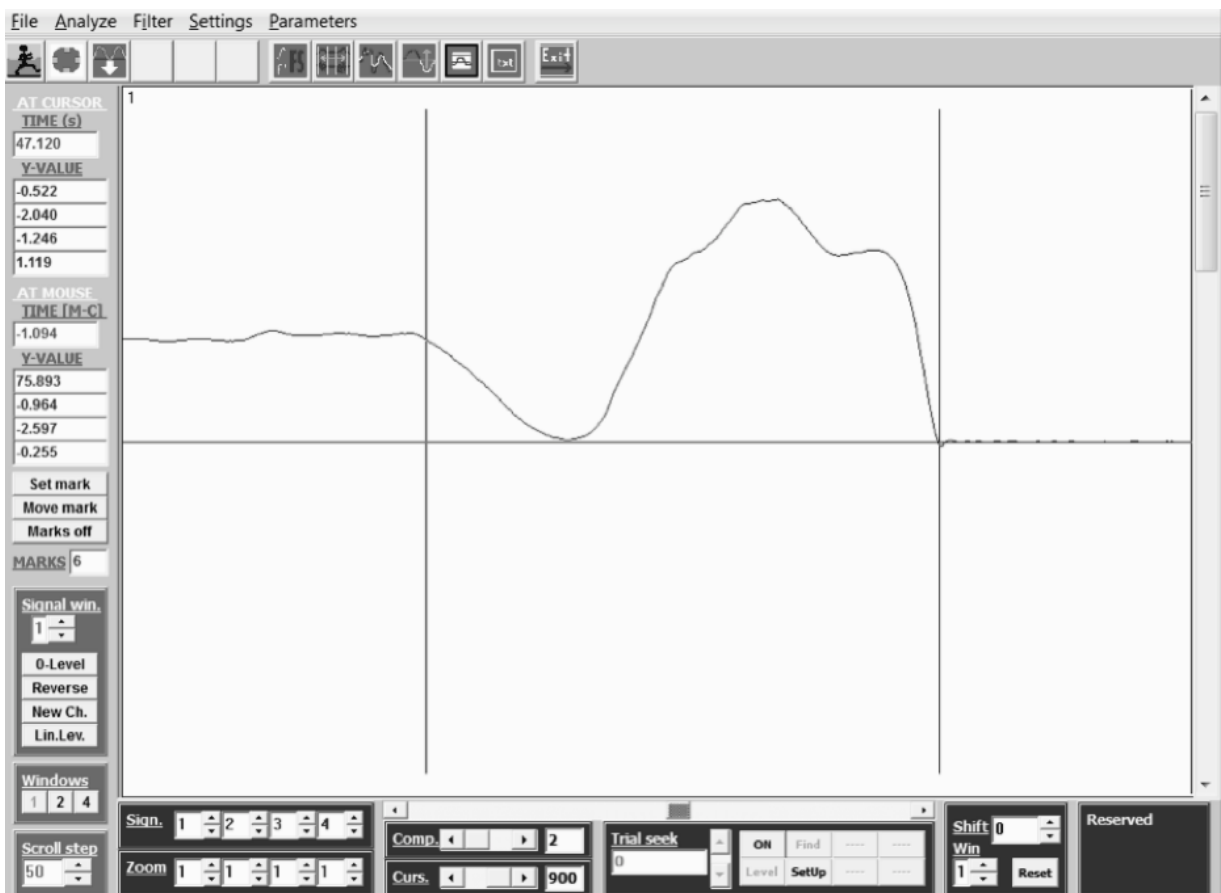
määrittämisen helpottamiseksi analysointivaiheessa. Yläasennosta tutkittavat laskivat tangon polvien yläpuolelle, minkä tarkkaa kohtaa ei kuitenkaan haluttu määrittää, jotta suoritus pysyisi mahdollisimman luonnollisena. Tutkittavat suorittivat koko toiston elastisuutta hyväksi käyttäen, jolloin liikkeen eksentrisen vaiheen jälkeen seurasi välittömästi liikkeen konsentrisen vaihe. Liike päättyi tangon ollessa tutkittavan hartioilla. Tangon kiinniottovaiheen kyykkösyvyyttä ei liikkeen yläasennossa rajoitettu, mutta liike ohjeistettiin tekemään raakana eli ilman syväkyykköä kiinniottovaiheessa (kuva 4). Suoritukset tehtiin seuraavilla toistomäärillä ja kuormilla: 6 x 60 %, 6 x 70 %, 5 x 8 % ja 3 x 90 % 1 RM. Toistomäärien valinnassa apuna käytettiin Häkkisen (1990) taulukkoa. Kuormat määritettiin tutkittavien itse arvioidun 1 RM:n avulla. Lepotauot sarjojen välissä olivat 3-5 min. Tutkittavat saivat rinnallevedossa riipunnasta halutessaan käyttää puristusvoiman apuna vetoremmejä.



KUVA 4. Riipunnasta aloitetun rinnallevedon suoritustekniikka lähtöasennosta tangon kiinniottovaiheeseen. (kuvat: Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus)

Kuntopalloheitot. Toisella mittauskerralla suoritettiin kuntopalloheitot JVE-, PYT- ja JVY-tekniikoilla satunnaisessa järjestyksessä. Heitot suoritettiin kahden, kolmen, neljän ja viiden kilon kuntopalloilla. Kuntopallojen halkaisijat olivat 22, 24, 25 ja 27 cm tässä järjestyksessä.

Tutkittavat heittivät kuntopalloilla kolme heittoa palloa kohden. Kuntopalloheittojen tekniikat näytettiin tutkittaville mittausten aluksi ja liikkeet ohjeistettiin aloittamaan keskeltä voimalevyä ja liikkeen yläasennosta koko vartalon ojennuksesta. Heittotekniikoita ei kuitenkaan vakioitu tarkemmin. Kaikilla tekniikoilla liikkeen konsentrinen vaihe alkoi pallon ollessa käsissä jalkojen välissä, josta JVE:ssa palloa heitettiin eteenpäin niin pitkälle kuin mahdollista, PYT:ssa vastaavasti pään yli taakse ja JVY:ssa suoraan ylös mahdollisimman korkealle. JVE:ssa ja PYT:ssa tutkittavilla oli mahdollisuus laskeutua heiton jälkeen voimalevyn viereen asetetulle patjalle. Heitot suoritettiin yksittäisinä toistoina omaan tahtiin ja suoritusten välissä oli vähintään 10 sekuntia. Palautukset sarjojen välissä olivat kuntopalloheitoissa 2-4 minuuttia.



KUVA 5. Esimerkki suoritusten analysoinnista Analyze-ohjelmalla. Suorituksen alku- ja loppukohta merkattiin manuaalisesti kursoreilla. Suorituksena kuvassa on kuntopalloheitto pään yli taakse (PYT).

5.3 Datan keruu, analysointi ja mittausmenetelmät

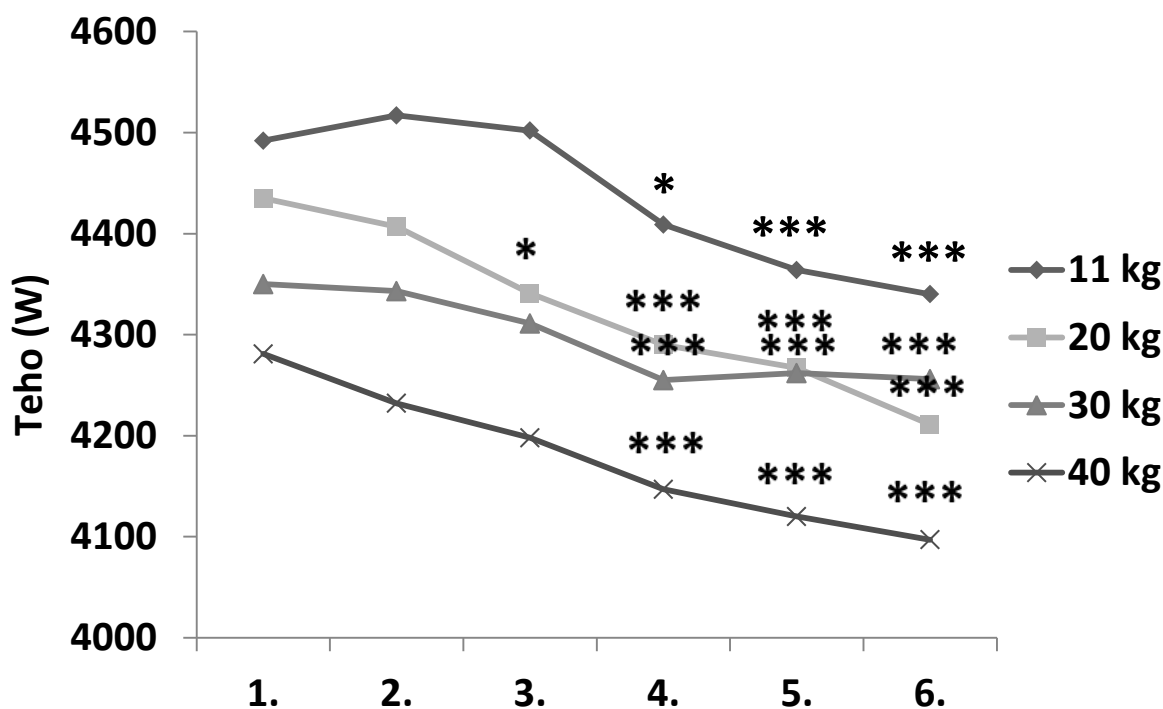
Kaikki suoritukset mitattiin kannettavalla voimalevyllä (Accupower, AMTI) ja mitatut reaktivoimat analysoitiin Analyce-ohjelmalla. Mittaus- ja analysointitarkkuus olivat voimalevyllä ja Analyce-ohjelmassa 1000 Hz ja 1 Newton. Analyce-ohjelma sisälsi parametritiedoston räjähtävää voimaa mittaavien muuttujien määrittämiseen, missä tämän tutkimuksen kannalta olennaisia olivat konsentrinen huipputeho ja keskimääräinen teho, impulssi, sekä huippuvoimantuotto ja keskimääräinen voimantuotto horisontaali- ja vertikaalitasossa. Jokaisen yksittäisen suorituksen alku ja loppu määritettiin manuaalisesti suoritus kerrallaan Analyce-ohjelmassa (kuva 5). Rajana suorituksen alulle määritettiin piste, jossa reaktivoimista saatu lukema alitti tutkittavan ja kuorman yhteenlasketun, eli koko systeemin, massan. Liikkeen loppu puolestaan määritettiin siihen pisteeseen, jossa reaktivoimat alittivat nollatason. Mikäli tutkittavan jalat eivät irronneet maasta, katsottiin liikkeen loppuvan siihen kohtaan kun kiihtyvyys voimakäyrällä loppui selvästi.

5.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit tehtiin IBM SPSS Statistics 22 ohjelmalla. Muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin Shaphiro-Wilkin testillä. Normaalisti jakautuneita muuttujia olivat kyykkyhyppyjen keskimääräinen teho ja kyykkyhyppyjen nousukorkeus sekä rinnallevedon huipputeho ja keskimääräinen teho ja näissä sarjan aikana mitattujen muutosten analysoimiseen käytettiin varianssianalyysiä (ANOVA). Merkitsevyyden testinä, eli minkä toistojen välillä eroa varianssianalyysissä havaittiin, käytettiin Bonferronin testiä. Ainoa ei-normaalisti jakautunut muuttuja, kyykkyhyppyjen huipputeho, analysoitiin non-parametrisella Friedmanin testillä ja merkitsevyyden testinä käytettiin tässä tapauksessa Wilcoxonin testiä. Merkitsevyyden tasoiksi asetettiin $p < 0.05$, $p < 0.01$ ja $p < 0.001$.

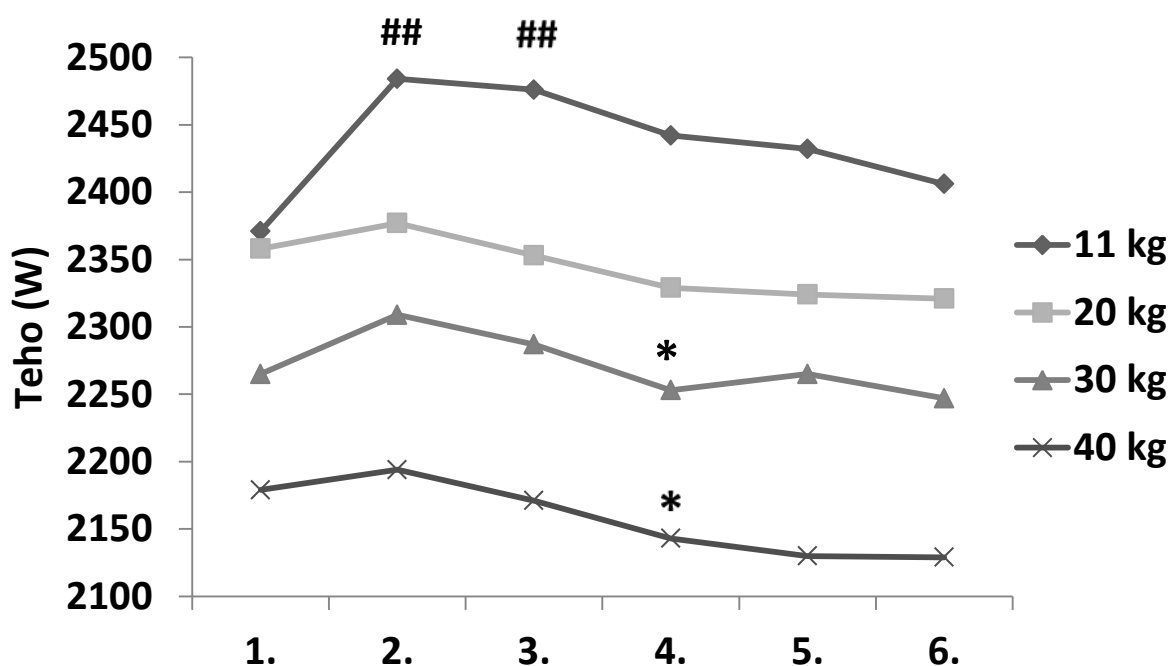
6 TULOKSET

Huipputehon muutokset kyykkyhyppyissä. Kyykkyhyppyissä suurin huipputeho tuotettiin 11 kilon kuormalla toisella toistolla ja muilla kuormilla ensimmäisellä toistolla. Erot ensimmäisen ja toisen toiston välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Huipputeho laski tilastollisesti merkitsevästi 11 kilon kuormalla kolmannen toiston jälkeen ($p < 0,05$) ja 20 kilon kuormalla toisen toiston jälkeen ($p < 0,05$). 30 kilon kuormalla tilastollisesti merkitsevä lasku huipputehossa tapahtui kolmannen toiston jälkeen ($p < 0,001$). 40 kilon kuormalla tilastollisesti merkitsevä lasku tapahtui toisen toiston jälkeen ($p < 0,05$). Huipputehon muutokset kyykkyhyppyissä on esitetty kuvassa 6 ja huipputehon numeeriset arvot keskihajontoineen sekä tilastolliset merkitsevyydet kokonaisuudessaan liitteessä 1.



KUVA 6. Huipputehon muutokset kyykkyhyppyissä.

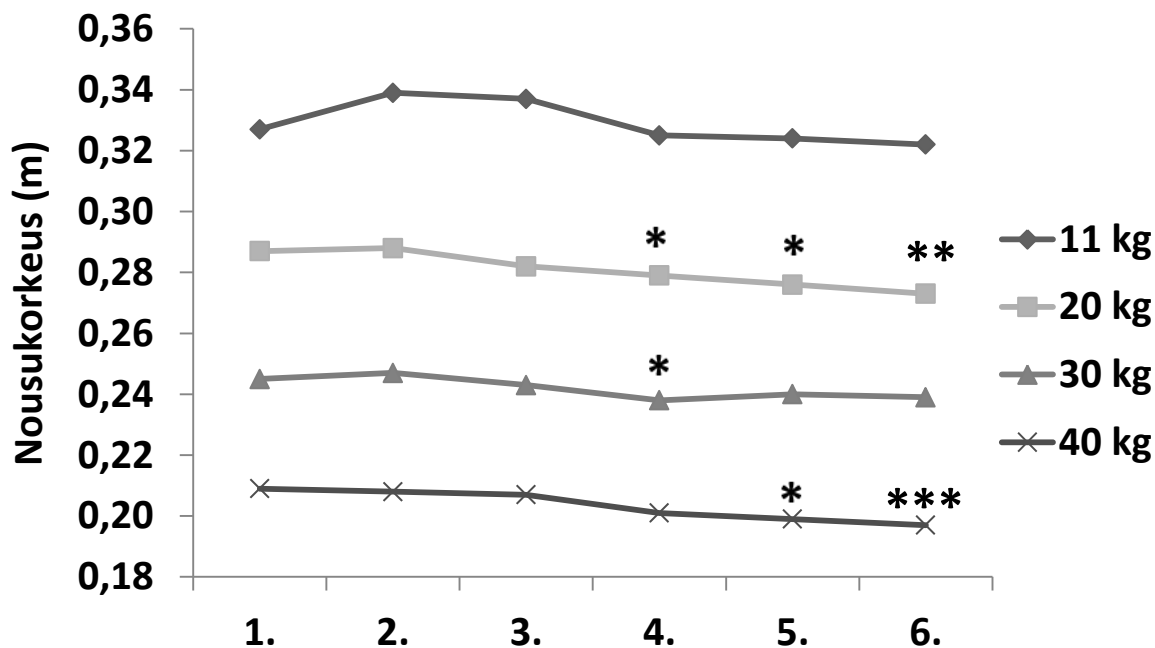
Keskimääräisen tehon muutokset kyykkyhyppyissä. Kyykkyhyppyissä keskimääräisenä tehona tehokkain toisto oli kaikilla sarjoilla toinen toisto, missä 11 kilolla tehon nousu ensimmäisen toiston jälkeen oli tilastollisesti merkitsevä ($p<0,01$). Keskimääräinen teho lähti kaikilla sarjoilla laskuun toisen toiston jälkeen. 30 ja 40 kilon kuormilla keskimääräinen teho laski tilastollisesti merkitsevästi kolmannen toiston jälkeen ($p<0,05$). Keskimääräisen tehon muutokset kyykkyhyppyissä on esitetty kuvassa 7 sekä keskimääräisen tehon numeeriset arvot keskihajontoineen liitteessä 2.



KUVA 7. Keskimääräisen tehon muutokset kyykkyhyppyissä. 11 kilolla tehdyn kuorman ensimmäinen toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi toisesta ja kolmannelta toistosta ($p<0.01$). 30 kilon kuormalla puolestaan toinen toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi neljännessä toistosta ($p<0.05$). Lisäksi 40 kilolla tehdyn kuorman neljäs toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi toisesta toistosta ($p<0.05$).

Nousukorkeuden muutokset kyykkyhyppyissä. Kyykkyhyppyjen nousukorkeudessa 40 kilon kuormaa lukuun ottamatta korkein hyppy saavutettiin toisella toistolla. Erot eivät näissä kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Nousukorkeus laski 20 ja 30 kilolla tilastollisesti

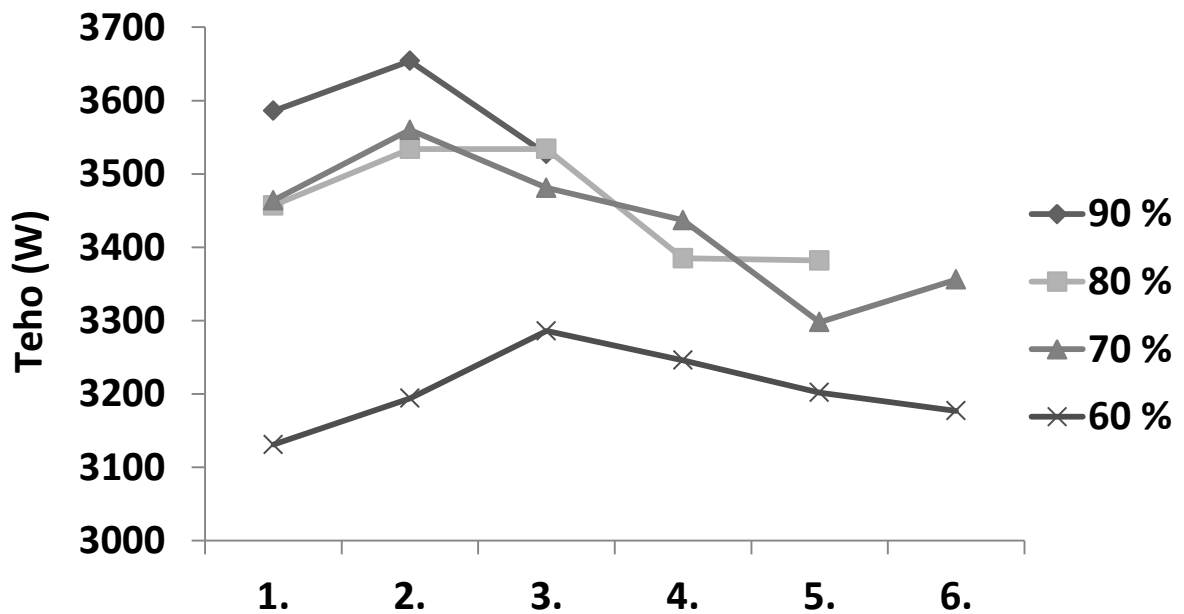
merkitsevästi kolmannen toiston jälkeen ($p<0,05$). 40 kilon kuormalla nousukorkeus puolestaan laski tilastollisesti merkitsevästi neljännen toiston jälkeen ($p<0,05$). Nousukorkeuden muutokset kyykkyhyppyissä on esitetty kuvassa 8 ja nousukorkeuden numeeriset arvot keskihajontoineen liitteessä 2.



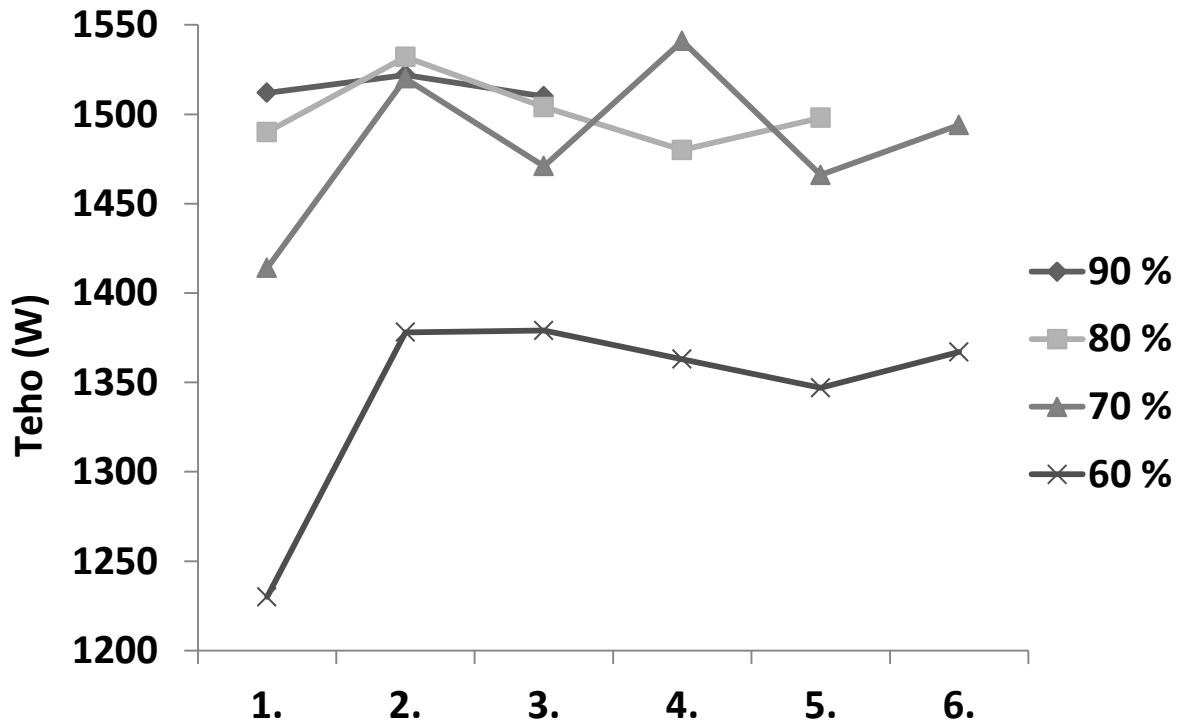
KUVA 8. Muutokset nousukorkeudessa kyykkyhyppyissä. 20 kilolla tehdyn kuorman toinen toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi neljännessä ja viidennestä toistosta ($p<0,05$) samoin kuin kuudennesta toistosta ($p<0,01$). 30 kilon kuormalla neljäs toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi toisesta toistosta ($p<0,05$). 40 kilon kuormalla kuudes toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi ensimmäisestä ($p<0,05$), toisesta ($p<0,01$) ja kolmannesta toistosta ($p<0,001$). Samalla kuormalla viides toisto erosi tilastollisesti merkitsevästi toisesta ja kolmannesta toistosta ($p<0,05$).

Huipputehon ja keskimääräisen tehon muutokset rinnallevedoissa riipunnasta. Rinnallevedossa suurin huipputeho saavutettiin 70 ja 90 % kuormalla 1 RM:sta toisella toistolla, sekä 60 % 1 RM:sta kolmannella toistolla. 80 % 1 RM:sta toinen ja kolmas toisto olivat yhtä tehokkaita huipputehona tarkasteltuna. Suurin keskimääräinen teho puolestaan saavutettiin 60, 70, 80 ja 90 % kuormilla 1 RM:sta tässä järjestyksessä kolmannella,

neljännellä, toisella ja toisella toistolla. 70 ja 80 % kuormilla 1 RM:sta sekä huipputeho, että keskimääräinen teho olivat viimeisellä toistolla suurempia, kuin toiseksi viimeisellä toistolla. Sama tapahtui keskimääräisessä tehossa 60 % kuormalla. Erot eivät kuitenkaan huipputehossa ja keskimääräisessä tehossa olleet tilastollisesti merkitseviä niin tehokkaimman toiston, tehon laskun, kuin viimeisen toiston nousunkaan osalta. Huipputehon ja keskimääräisen tehon muutokset rinnallevedossa riipunnasta on esitetty kuvissa 9 ja 10, ja niiden numeeriset arvot keskihajontoineen liitteessä 3.

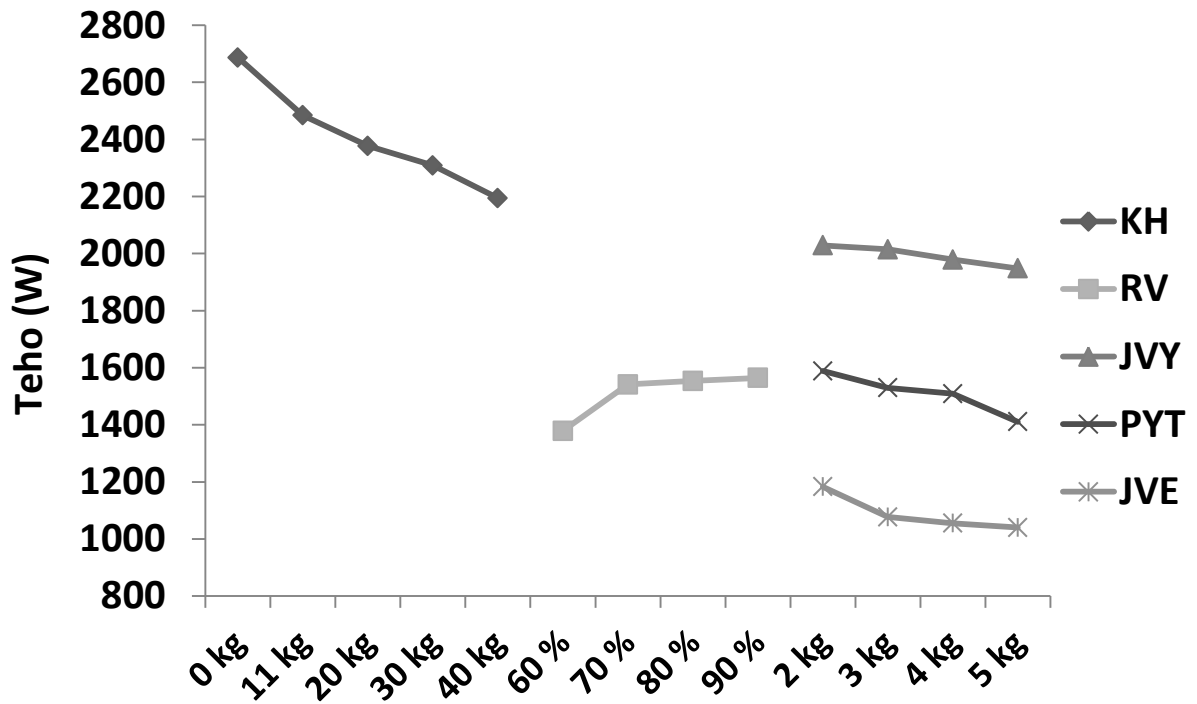


KUVA 9. Muutokset huipputehossa rinnallevedossa riipunnasta 60, 70, 80 ja 90 % kuormilla arvioidusta 1 RM:sta.

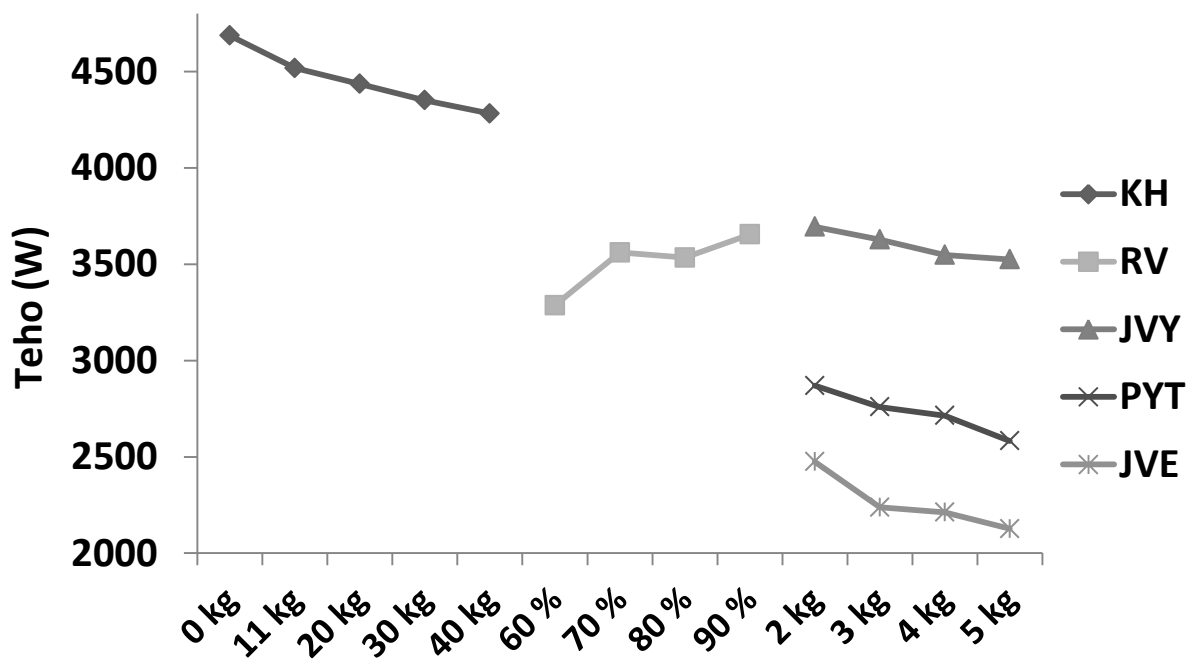


KUVA 10. Muutokset keskimääräisessä tehossa rinnallevedossa riipunnasta 60, 70, 80 ja 90 % kuormilla arvioidusta 1 RM:sta.

Liikkeiden tehontuotollinen vertailu. Suurin huipputeho ja keskimääräinen teho tuotettiin kevennyshypyssä eli kyykkyhypyssä ilman kuormaa. Teho laski kyykkyhypyissä kuorman lisäyksen myötä. Rinnallevedossa suurin huipputeho ja keskimääräinen teho tuotettiin 90 % kuormalla 1 RM:sta. Kuntopalloheitoissa puolestaan suurin huipputeho ja keskimääräinen teho tuotettiin kahden kilon kuntopallolla kaikilla kolmella tekniikalla. JYV:ssa tuotettu huipputeho oli 3525-3694 wattia (W) ja rinnallevedossa riipunnasta vastaavasti 3286-3652 W. Keskimääräiset tehot olivat puolestaan JYV:ssa suuremmat (1948-2029 W), kuin rinnallevedossa riipunnasta (1379-1522 W). Horisontaalisen voimantuoton osalta JVE:ssa tuotettiin suurimmat arvot. Myös PYT:ssa oli horisontaalisen voimantuoton osuus kokonaisvoimantuotosta merkittävää muihin liikkeisiin nähden (liite 5). Liikkeiden huipputehot ja keskimääräiset tehot koko otoksen keskiarvoina kuormittain ovat esitetty kuvissa 11 ja 12 tässä järjestyksessä, ja niiden numeeriset arvot keskihajontoineen liitteessä 4.



KUVA 11. Testiliikkeiden vertailu huipputehona tarkasteltuna.



KUVA 12. Testiliikkeiden vertailu keskimääräisenä tehona tarkasteltuna.

7 POHDINTA

Päälöydökset

Koska kyykkyhyppyissä suurin keskimääräinen teho saavutettiin kaikilla kuormilla toisella toistolla, suurin hyppykorkeus pääsääntöisesti toisella toistolla sekä huipputeho 11 kilon kuormalla toisella toistolla, voidaan sanoa, että pääsääntöisesti kyykkyhyppyissä toinen toisto oli ensimmäistä toistoa tehokkaampi. Erot tehokkaimpien ja toiseksi tehokkaimpien toistojen välillä eivät yhtä kuormaa lukuun ottamatta (11 kilon kuorma kyykkyhyppyissä keskimääräisenä tehona tarkasteltuna) ottamatta olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä. Vastaavasti rinnallevedossa riipunnasta suurin huipputeho tuotettiin joko toistolla kaksi (70 % ja 90% 1 RM), kolme (60 % 1 RM) tai toistoilla kaksi ja kolme (80% 1 RM), ja keskimääräisenä tehona toistoilla kolme (60 % 1 RM), neljä (70 % 1 RM, ja kaksi (80 ja 90 % 1 RM), mutta tilastollisesti merkitseviä eroja ei näissä ollut. Niin teho kuin hyppykorkeus laskivat kyykkyhyppyissä tilastollisesti merkitsevästi pääsääntöisesti kolmen toiston jälkeen. Rinnallevedoissa teho ei puolestaan laskenut tilastollisesti merkitsevästi sarjojen aikana. JVY:ssa tuotettiin samansuuruinen huipputeho, mutta suurempi keskiteho kuin rinnallevedossa. PYT:ssa ja JVE:ssa tuotettu teho oli matalampi, kuin JVY:ssa, johtuen ainakin osittain siitä, että osa voimantuotosta oli horisontaalista.

Sarjan tehokkain toisto

Tämän tutkimuksen tulokset antavat tukea aiemmille tutkimuksille (Baker & Newton 2007; Thomasson & Comfort 2012), joissa sarjan ensimmäinen toisto ei kyykkyhyppyissä ollut tehokkain. Kyykkyhyppyjen osalta tämän tutkimuksen tulos on sama Bakerin ja Newtonin (2007) tutkimuksen tuloksen kanssa, missä toinen toisto oli keskimääräisenä tehona sarjan tehokkain. Bakerin ja Newtonin (2007) mukaan liikkeiden välillä saattaa olla eroa siinä, monennellako toistolla tuotetaan suurin teho, sillä heidän tutkimuksessaan ballistisessa penkkipunnerruksessa kolmas toisto oli sarjan tehokkain. Tässä tutkimuksessa havaittiin rinnallevedossa riipunnasta myös kolmannen ja neljännen toiston olleen tehokkaita, mikä

tukee Bakerin ja Newtonin väitettä. Vastaavasti Thomasson & Comfort (2012) raportoivat toisen toiston lisäksi myös neljännen ja kuudennen toiston olleen sarjan tehokkaimmat kuormasta riippuen. Syyt näihin eroihin jäivät kuitenkin epäselväksi. Tämän tutkimuksen tulokset eroavat myös Haffin ym. (2003) tutkimuksen tuloksista, joissa ensimmäinen toisto rinnallevedossa ilman kiinniotta (clean pull) oli tehokkain. Lisäksi Hansen ym. (2011a) raportoivat ensimmäisen toiston olleen tehokkain huipputehona tarkasteltuna 40 kilon ulkoisella kuormalla kyykkyhyppyssä. Hansenin ym. (2011a) tutkimuksessa kyykkyhyppy tehtiin samalla tavalla yksittäistoistoina kuin tässä tutkimuksessa toisin kuin muissa edellä mainituissa tutkimuksissa. Myös tässä tutkimuksessa huipputehona tarkasteltuna kyykkyhyppyssä ensimmäinen toisto olikin pääsääntöisesti tehokkain. Sillä onko kyseessä huipputeho vai keskimääräinen teho näyttäisi näin ollen olevan merkitystä tehokkaimman toiston osalta. Toisaalta tässä tutkimuksessa mitattiin myös kyykkyhyppyjen nousukorkeutta, missä toinen toisto oli pääsääntöisesti tehokkain, jolloin muutokset nousukorkeudessa olivat samansuuntaisia keskimääräisen tehon muutosten kanssa.

Merkittävä ero Bakerin ja Newtonin (2007) tutkimukseen oli, että heidän tutkimuksessaan toistot tehtiin jatkuvina. Baker ja Newton (2007) arvelivat, että toisen toiston tehokkuus saattoi johtua siitä, että ensimmäisen toiston aikana varastoitunutta elastista energiaa saatiin hyödynnettyä toisessa toistossa. Tässä tutkimuksen tulosten selittämisessä tämä vaihtoehto on kuitenkin suljettu pois, samoin kuin Thomassonin ja Comfortin (2012) tutkimuksessa, jossa suoritukset olivat yksittäisiä suorituksia. Lämmittelyn mahdollisella riittämättömyydellä voidaankin spekuloida tämän tutkimuksen tuloksia ainakin kyykkyhyppyjen ensimmäisten sarjojen osalta, sillä 11 kilon kuormalla ero ensimmäisen ja toisen toiston välillä oli selkein mutta sillä ei pystytä selittämään sitä, että toinen toisto oli pääsääntöisesti tehokkain läpi sarjojen. Huomioimisen arvoista on se, että ainakin Bakerin ja Newtonin (2007) tutkimuksessa tutkittavat suorittivat perusteellisemmän lämmittelyn kuin tässä tutkimuksessa, joten on todennäköistä, että heidänkään raportoimia tuloksia ei pystytä selittämään puutteellisella lämmittelyllä. Mahdollinen selittävä tekijä ilmiölle voisi kuitenkin olla supistuvien ja elastisten filamenttien potentoituminen, kuten Thomasson ja Comfort (2012) tutkimuksessaan arvelivat. On kuitenkin huomioitava, että niin sanotut parhaat toistot erosivat toisiksi parhaista toistoista hyvin vähän, eivätkä ne saavuttaneet tilastollista merkitsevyyttä

tässä tutkimuksessa, kuten ei aikaisemmissakaan tutkimuksissa (Baker & Newton 2007; Haff ym. 2003; Thomasson & Comfort 2012). Hypoteesi 1 saa kuitenkin tämän tutkimuksen tulosten myötä tukea.

Tehon lasku sarjan aikana

Tässä tutkimuksessa teho lähti kyykkyhyppyissä tilastollisesti merkitsevästi sarjojen aikana aikaisemmin laskuun, kuin osassa edeltävissä tutkimuksissa (Baker & Newton 2007, Haff ym. 2003; Thomasson & Comfort 2012). Hansenin ym. (2011a) tutkimuksessa huipputeho lähti kyykkyhyppyissä 40 kilon kuormalla tilastollisesti merkitsevästi laskuun kuitenkin jo ensimmäisen toiston jälkeen. Rinnallevedoissa, joiden osalta väsymystä ei tiettävästi sarjojen aikana ole aikaisemmin tutkittu, ei tässä tutkimuksessa tapahtunut tilastollisesti merkitsevää tehon laskua. Tämä tulos on samansuuntainen parin aikaisemman tutkimuksen tulosten kanssa, missä ensimmäisessä tutkimuksessa (Haff ym. 2003) rinnallevedoissa ilman kiinniotta (clean pull) ei havaittu laskua huipputehossa 90 % 1 RM:sta viiden toiston aikana ja toisessa tutkimuksessa (Thomasson & Comfort 2012) ei kyykkyhyppyissä 0, 20 tai 40 % 1 RM:sta havaittu kyykkyhyppyissä laskua huipputehossa kuuden toiston aikana. Haffin ym. (2003) tutkimuksessa 120 % kuormalla rinnallevedon 1 RM:sta teho laski kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi viidennellä toistolla. Näin ollen tämä antaa viitteitä siitä, että raskaammilla kuormilla väsymystä tapahtuisi aikaisemmin, kuin kevyemmällä kuormilla, koska myös Thomasson ja Comfort (2012) tekivät vastaavan havainnon. Myös tämän tutkimuksen tulokset antavat edelliselle hieman tukea, sillä väsyminen oli tilastollisesti aavistuksen merkitsevämpää huipputehon ja keskimääräisen tehon osalta kyykkyhyppyissä raskaammilla, kuormilla kevyempiin kuormiin verrattuna. Koska tässä tutkimuksessa teho laski tilastollisesti merkitsevästi pääsääntöisesti jo kolmannen toiston jälkeen etenkin raskaammilla kuormilla, saa hypoteesi 2 tukea kyykkyhyppyjen, mutta vastaavasti ei rinnallevetojen riipunnasta osalta.

Liikkeiden tehontuotollinen vertailu

Kirjallisuudessa ei tähän mennessä tiettävästi ole raportoitu viitearvoja siihen kuinka suuri teho JVE:ssa, PYT:ssa ja JVY:ssa tuotetaan. JVY:ssa tuotettiin samansuuruinen huipputeho kuin rinnallevedossa riipunnasta, mutta keskimääräinen teho oli JVY:ssa suurempi, kuin rinnallevedossa riipunnasta. Tässä tutkimuksessa JVE:ssa ja PYT:ssa maksimaalinen teho jäi alemmaksi kuin JVY:ssa suuremman horisontaalitason voimantuoton myötä. Hypoteesi 3 saa edellisten myötä tukea. Kuntopalloheitoissa suurin huipputeho tuotettiin kahden kilon kuntopallolla. Kuorman noustessa maksimaalinen teho laski suhteellisen lineaarisesti samoin kuin kyykkyhyppyissä. Rinnallevedossa riipunnasta oli merkillepantavaa aiemmista tutkimuksista (Kawamori ym. 2005) poiketen, että huipputeho nousi aina 90 % kuormaan asti. Tätä voidaan mahdollisesti selittää sillä, että 90 % kuormalla 1 RM:sta yrityksen täytyy olla lähellä maksimia, kun taas esimerkiksi 60 % ja 70 % kuormilla tangon on mahdollista tulla räjähtävästi ylös ilman maksimaalista voimantuottoa. Tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita tutkittavien kohdalla yrityksen puutetta kahdella kevyimmällä kuormalla rinnallevedossa riipunnasta, vaan syynä voi yksinkertaisesti olla se, että rinnalleveto riipunnasta on kyykkyhyppyihin verrattuna teknisesti vaikeampi liike. Näin ollen, jos rinnallevetoa riipunnasta ei ole tottunut tekemään pienemmillä kuormilla voi siitä johtuen kevyemmillä kuormilla olla vaikeuksia tuottaa maksimaalista tehoa, koska taas tehoa tuotetaan spesifisyyden periaatteen mukaan parhaiten niillä kuormilla, joilla tiettyä liikettä on totuttu tekemään (Kawamori & Haff 2004).

Tutkimuksen rajoitteet

Mittauskerran aikana kasaantuneella väsymyksellä on voinut olla vaikutusta tuloksiin. Maksimaalisten toistojen määrä oli mittauskerroilla melko suuri, sillä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta ensimmäisellä mittauskerralla kyykkyhyppyt ja rinnallevedot yhteenlaskettuna tuli maksimaalisia toistoja 47 ja toisella mittauskerralla maksimaalisia toistoja tuli kuntopalloheitoissa pääsääntöisesti 36. Näin ollen harjoituksen volyyymi on todennäköisesti noussut suuremmaksi kuin nopeusvoimaharjoittelussa yleensä, jolloin

väsymyksellä on voinut olla vaikutusta sarjojen viimeisiin toistoihin ja mittauskerran viimeisiin sarjoihin. Tämä on saattanut johtaa siihen, että sarjan aikana väsyminen on tapahtunut aikaisemmin, tai että myöhempien sarjojen aikana tutkittavat eivät ole saaneet itsestään kaikkea irti. Lisäksi sarjat saattoivat kyykkyhypyissä ja rinnallevedossa riipunnasta olla hieman pidempiä kuin mitä urheilijat olivat tottuneet tekemään, jolloin edellinen sarja on voinut vaikuttaa sitä seuraaviin sarjoihin heikentävästi. Sukupuolijakauman epätasaisuudella voidaan myös ajatella olleen merkitystä saatujen tulosten kannalta. Vaikka naisilla tuotettu absoluuttinen teho oli miehiä alempi, ei naisten ja miesten välillä ei kuitenkaan havaittu eroa tehon suhteellisten muutosten osalta tässä tutkimuksessa.

Johtopäätökset

Sarjojen pituus nopeusvoimaharjoittelussa yksittäisinä toistoina. Tämän tutkimuksen tulokset antavat viitteitä siihen, että kyykkyhypyissä ja rinnallevedoissa riipunnasta ensimmäisellä toistolla ei vielä saavuteta maksimaalista tehoa, vaan pääsääntöisesti sarjan toinen tai kolmas toisto on sarjan tehokkain. Näin ollen nopeusvoimaharjoittelussa ja nopeusvoiman testauksessa olisi tämän tutkimuksen perusteella suositeltavaa tehdä ainakin kahdesta kolmeen toistoa sarjaa kohden. Tällöin sarja todennäköisesti sisältää parhaimman toiston niin tehontuoton ja hyppykorkeuden osalta ottaen huomioon ettei niitä välttämättä saavuteta samalla toistolla, sillä ne eivät täysin korreloi toistensa kanssa. Toisin kuin rinnallevedoissa riipunnasta, näyttäisi kyykkyhypyissä suorituskyky laskevan jo kolme toiston jälkeen. Näin ollen kyykkyhypyissä voidaan suositella tehtäväksi noin kolme toistoa sarjan aikana, sillä tällöin maksimaalinen tehontuotto eikä hyppykorkeus suurella todennäköisyydellä vielä pääse laskemaan merkittävästi, millä on todennäköisesti merkitystä, koska liikenopeus ja tuotettu teho ovat mitä todennäköisimmin tärkeimpiä ärsykeitä maksimaalisen tehon kehittämiseksi. Koska on kuitenkin mahdollista, että metaboliittien kasaantuminen lihakseen nopeusvoimasarjan aikana saattaa tiettyyn pisteeseen asti olla eduksi maksimaalisen tehon kehittymisen kannalta (Drinkwater ym. 2005, Lawton ym. 2004; Izquierdo ym. 2006), saattaa tietynsuuruinen väsymys olla eduksi maksimaalisen tehon kehittymisen kannalta, jolloin lyhyillä kahden tai kolmen toiston sarjoilla tätä hyötyä ei saada pidempiin viiden tai kuuden toiston sarjoihin verrattuna (Hansen ym. 2011b). Tutkimuksissa, joissa lähemmäksi

epäonnistunutta toistoa tehdyt sarjat ovat kehittäneet maksimaalista tehoa enemmän, kuin lyhyemmät sarjat, on maksimaalisen tehon suurempi kehittyminen saattanut kuitenkin johtua pääosin maksimivoiman kehittämisestä (Drinkwater ym. 2005, Lawton ym. 2004; Izquierdo ym. 2006). Näin ollen ainakin maksimivoiman kehittämiseen keskittyvän harjoitusjakson aikana voisi olla suositeltavaa tehdä pidempiä noin viiden toiston nopeusvoimasarjoja, mikäli suoritukset tehdään yksittäisinä toistoina. Harjoitusjaksolla, jonka tarkoituksena on räjähtävyyden kehittäminen ilman maksimaalisen voiman kehittämistä, voisi puolestaan olla suositeltavaa tehdä lyhyempiä kahden tai kolmen toiston nopeusvoimasarjoja, tai cluster-sarjoja liikenopeuden ja maksimaalisen tehon maksimoimiseksi. Koska harjoitusärsykkeen riittävä vaihtelu on yksi suorituskyvyn kehittämisen perusteista (Bompa & Haff: 72), on intensiteetin ja sarjapituuden muuttaminen harjoitusjakson aikana välttämätöntä, ja näin toistomäärien jaksotus olisi mahdollista perustella loogisesti.

Rinnallevedot. Rinnallevedoissa riipunnasta voidaan tämän tutkimuksen tulosten mukaan tehdä enemmän toistoja, kuin kyykkyhyppyissä ennen kuin suorituskyky lähtee merkittävästi laskuun. On todennäköistä, että rinnallevedoissa maasta väsymys alkaa sarjan aikana näkyä aikaisemmin, koska liikerata on tällöin suurempi. Tämän tutkimuksen tuloksia ei todennäköisesti näin ollen voida yleistää polvien alapuolelta suoritettuihin toistoihin. Tässä tutkimuksessa tehtiin enimmillään kuusi toistoa sarjaa kohden rinnallevedoissa, mikä on enemmän, kuin aiemmin on suositeltu (Baker & Newton 2007). Tästä johtuen, voidaan olettaa, että myös rinnallevedoissa voisi olla suositeltua rajata toistojen määrä viiteen toistoon sarjaa kohden, jotta sarjasta ei ajallisesti tule liian pitkä. Samoin, kuin kyykkyhyppyjenkin osalta, voidaan metaboliittien kasautumisen mahdollisilla hyödyillä spekuloida myös rinnallevetojen riipunnasta osalta. Tässä tutkimuksessa rinnallevetojen riipunnasta osalta on huomionarvoista myös se, että 60, 70 ja 80 % kuormilla 1 RM:sta yritys saattoi tutkittavilla olla sarjan viimeisellä toistolla suurempi, kuin toiseksi viimeisellä toistolla. Viimeisellä toistolla tuotettu teho oli toiseksi viimeistä toistoa suurempi kaikilla kolmella kuormalla (lukuun ottamatta keskimääräistä tehoa 60 % kuormalla), vaikkakaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Maksimaalisen yrityksen on ehdotettu olevan yksi tärkeimmistä ärsykkeistä maksimaalisen tehon kehittämisen kannalta (Baker & Newton 2007; Jovanovic & Flanagan 2014). Jos sarja on liian pitkä, on olemassa riski, että urheilija säästää voimiaan

sarjan viimeisille toistoille, jolloin tehontuotto ensimmäisten toistojen aikana ei ole maksimaalinen (Moreno ym. 2014). Näin ollen sarjan ensimmäisten toistojen aikana saatetaan joutua tinkimään yrityksestä, mikä on nopeusvoimaharjoittelun tarkoituksenmukaisuuden vastaista. Vaikka teho ei tässä tutkimuksessa laskenut tilastollisesti merkitsevästi rinnallevedoissa riipunnasta, voi tehon nouseminen viimeisellä toistolla kuitenkin viitata siihen, että sarja oli liian pitkä, jolloin sarjan kaikilla toistoilla ei ollut maksimaalista yritystä. Tämä mahdollisesti puoltaisi myös suoritusten rajaamista viiteen toistoon rinnallevedoissa 60 ja 70 % kuormilla, ottaen lisäksi huomioon, että raskaammilla kuormilla väsymys todennäköisesti alkaa näkyä aikaisemmin, jolloin toistojen määrän tulisi mahdollisesti olla tätä pienempi.

Kuntopalloheitot. Tämä tutkimus osoitti kuntopalloheitoista, että niissä tuotetaan suuri teho. Harjoitusliikkeenä kuntopalloheitot voidaan asettaa samaan kategoriaan kyykkyhyppyjen kanssa, sillä ulkoinen kuorma on pieni ja liikenopeus suuri. Harjoitusliikkeenä kuntopalloheitot eivät kuitenkaan korvaa rinnallevetoja, sillä rinnallevedoissa ulkoinen kuorma ja tuotettu voima on huomattavasti kuntopalloheittoja suurempi. JVE:n ja PYT:n etuna on niissä tapahtuva horisontaalinen voimantuotto, jota esimerkiksi kyykkyhypyssä ja rinnallevedossa ei juuri synny. Se onko horisontaalisella voimantuotolla lisäarvoa harjoittelun kannalta jää spekuloinniksi, mutta sen voidaan ajatella tuovan monipuolisuutta ja spesifisyyttä harjoitteluun voimantuottosuunnan kannalta, sillä esimerkiksi pikajuoksussa horisontaalisen voimantuoton on todettu olevan olennaisessa osassa (Rabita ym. 2015). On kuitenkin epäselvää, onko horisontaalinen voimantuotto puhdas lajiteknisesti kehittyvä ominaisuus, vai voiko sitä mahdollisesti kehittää lajin kannalta osittain myös yleisenä ominaisuutena.

Optimitehon merkitys nopeusvoimaharjoittelussa. Puolestaan sitä, minkä painoisella kuntopallolla saadaan paras harjoitusärsyke räjähtävyyden ja maksimaalisen tehontuoton kannalta, on tulosten perusteella vaikea sanoa. Vaikka tässä tutkimuksessa kahden kilon kuntopalloilla tuotettiin kaikilla tekniikoilla suurin teho, ei se välttämättä tarkoita, että urheilijoiden tulisi harjoitella pääasiassa sillä kuntopallolla, jolla maksimoidaan tuotettu teho. Sama pätee kyykkyhyppyihin, joissa niin olympianostoihin kuin kuntopalloheittoihin verrattuna näyttäisi siltä, että kevennyshypyssä tuotetaan suurin huipputeho. Tämä ei

kuitenkaan tarkoita sitä, että kevennyshyppy olisi harjoitusliikkeenä muihin liikkeisiin verrattuna ylivertainen, saati että kyykkyhyppyjä kannattaisi tehdä pääasiassa ilman ulkoista kuormaa. Toisaalta koko systeemin tehontuoton maksimoiva kuorma ei todennäköisesti maksimoi tuotettua tehoa yksittäisen nivelen, kuten nilkan, polven tai lonkan osalta (Jandacka ym. 2014). Tämä voisikin olla yksi peruste ulkoisen kuorman lisäämiselle kyykkyhyppyihin. Toisaalta ottaen huomioon maksimaalisen tehon mittaamisen ja sen määrittämisen ongelmallisuuden, ja tiedostaen, että monessa lajissa etenkin nopeus on paremmin yhteydessä suorituskyykyyn, kuin maksimaalinen teho (Knudson 2009), saattaa olla, että maksimaalinen teho on vain kompromissi maksimaalisen nopeuden ja maksimaalisen voiman välillä. Näin ollen maksimaalista tehoa ei välttämättä kannattaisi käyttää pääasiallisena kriteerinä harjoituskuorman valinnassa etenkin lajeissa, joissa työskennellään monensuuruksia kuormia vastaan. Tällöin korostuu koko voima-nopeuskäyrän monipuolinen harjoittaminen ja kykyä tuottaa maksimaalista tehoa tulisi kehittää erisuuruksia kuormia vastaan (Cronin & Sleivert 2005).

Tutkimusmenetelmälliset tekijät. Tutkimusmenetelmällisistä tekijöistä tämän tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että huipputeho saattaa soveltua paremmin tehon mittaamiseen rinnallevedossa riipunnasta sen non-lineaarisen voimantuoton vuoksi. Näyttäisi siltä, ettei alaraajojen ojennus ei rinnallevedossa ole tasaisesti kiihtyvää, sillä ojennusvaiheessa tapahtuu polvissa kaksoiskoukistus (double knee bend) sekä suurempi huippu agonistien EMG:ssä ja voimantuottonopeudessa kyykkyhyppyihin verrattuna (McKenzie ym. 2014). Lisäksi suoritustekniikkaa ei rinnallevedossa riipunnasta vakioitu, joten myös suoritustekniikan vaihtelulla on voinut olla rinnallevetojen keskimääräisen tehon kannalta merkitystä, mikä selittäisi sen hieman epäjohdonmukaisen vaihtelun. Näin ollen voimalevyllä keskimääräistä tehoa mitattaessa tulisi tangon kohta liikkeen ala-asennossa mahdollisesti vakioida. Tutkimusmetodologiaan liittyen voidaan myös todeta, että voimalevyllä liikkeiden tehontuotollinen vertailu on mielekäästä, vaikkakin aikaa vievää, mikäli suoritukset joudutaan analysoimaan manuaalisesti. Sarjanaikaisten muutosten tarkasteluun saattaa siirtymää mittaava anturi todennäköisesti kuitenkin olla käytännöllisempi ja suoritusten analysoinnin kannalta nopeampi vaihtoehto. Niiden käyttö voi lisäksi käytännön harjoitustilanteessa olla

voimalevyä käytännöllisempää ja toisaalta myös taloudellisempaa. Siirtymää mittaavalla anturilla voidaan lisäksi mitata tehontuottoa rinnallevedoissa, joissa suoritus aloitetaan kuorman ollessa kosketuksissa alustan kanssa. Tämä ei ole mahdollista voimalevyllä mitattaessa, jolloin kuorman täytyy olla irti maasta koko toiston ajan mittauksen onnistumiseksi (Hori ym. 2004). On kuitenkin tiedostettava siirtymää mittaavan anturin heikkoudet, johon lukeutuu rinnallevedoissa se, että tangon kulkema matka ei ole lineaarinen, mikä heikentää mittaustarkkuutta (Hori ym. 2007). Lisäksi tangon nopeus ei välttämättä ole yhteydessä alustaan kohdistuvan voimantuoton kehittymiseen, millä on tangon nopeuden sijaan mahdollisesti suurempi merkitys suorituskyvyn kannalta muissa lajeissa, kuin painonnostossa. (Hori ym. 2007) Huomionarvoista tehontuoton tutkimusmenetelmiin liittyen on myös se, että tehokkaimman toiston osalta huipputeho ja keskimääräinen teho näyttäisivät antavan erilaisia tuloksia, etenkin kyykkyhyppyissä. Vastaavasti huipputeho näyttäisi olevan keskimääräistä tehoa herkempi mittari väsymykselle kyykkyhyppyissä, minkä syy jää kuitenkin toistaiseksi epäselväksi.

Uusia tutkimuskysymyksiä

Tässä tutkimuksessa tutkittavina oli urheilijoita, jotka olivat tottuneet tekemään nopeusvoimaharjoittelua. Olisikin mielenkiintoista tietää pätevätkö saadut tulokset myös muun lajityypin urheilijoilla sekä ei-urheilijoilla. Siihen miksi ensimmäinen toisto ei välttämättä ole nopeusvoimajassa tehokkain, olisi myös mielenkiintoista saada selville lisää liikuntabiologista perustaa. Lisäksi koko ilmiö vaatii vielä lisää tutkimusta, koska aiemmat tutkimustulokset ovat ristiriitaisia sarjan tehokkaimman toiston suhteen. Huipputehon ja keskimääräisen tehon merkitystä tehokkaimman toiston ja väsymyksen osalta tulisi tulevissa tutkimuksissa myös selventää. Nopeusvoimasarjan aikana tapahtuvan väsymyksen ja sen vaikutusten osalta tarvittaisiin lisää tutkimusta siitä, ovatko liikenopeus ja tuotettu teho tärkeimmät ärsykkeet maksimaalisen tehon ja suorituskyvyn kehittymisen kannalta, vai onko tietynsuuruinen väsymys hyödyllistä harjoitusadaptaatioiden kannalta silloin, kun tavoitteena on puhdas maksimaalisen räjähtävyyden kehittäminen ilman samanaikaista maksimivoiman kehittämistä. Lisäksi kuntopalloheittojen hyödyllisyydestä suorituskyvyn kehittämisen

kannalta tarvittaisiin myös lisää tietoa. Niiden käytön tehokkuutta nopeusvoimaharjoittelussa muihin harjoitusliikkeisiin verrattuna olisi hyödyllistä tutkia interventiotutkimuksella.

Käytännön sovellukset harjoitteluun

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan suositella, että urheilijoilla nopeusvoiman kehittämässä ja testaamisessa kyykkyhyppyissä tulisi sarjojen sisältää noin kolme toistoa, kun suoritukset tehdään yksittäisinä toistoina. Tällöin on todennäköistä, että sarja sisältää tehokkaimman mahdollisen toiston, sillä sarjan tehokkainta toistoa ei välttämättä saavuteta vielä sarjan ensimmäisellä toistolla. Noin kolmen toiston sarjoja tulisi suosia kyykkyhyppyissä etenkin, jos harjoitusjakson tavoitteena on maksimaalisen räjähtävyyden kehittäminen ilman samanaikaista maksimivoiman kehittämistä. Lisäksi kolmen toiston sarjojen aikana suorituskyky ei pääse vielä laskemaan merkittävästi, millä pystytään estämään harjoituksen aikana kasaantuvaa väsymystä. Pidempiä noin viiden toiston sarjoja voidaan kyykkyhyppyjen osalta suositella tehtäväksi esimerkiksi silloin, kun maksimivoimaa kehitetään harjoitusjakson aikana samanaikaisesti. Rinnallevedoissa riipunnasta puolestaan suorituskyky näyttäisi sarjan aikana säilyvän kyykkyhyppyjä paremmin, jolloin 60 ja 70 % kuormilla 1 RM:sta voidaan suositella noin viittä toistoa kun tavoitteena on maksimaalisen tehon kehittäminen. 80 % 1 RM:sta ja sitä raskaammilla kuormilla tulisi toistoja todennäköisesti olla tätä vähemmän, mahdollisesti 2-4. On huomioitava, että sarjan ollessa liian pitkä, saattaa urheilija säästää maksimaalista yritystä sarjan alkupuolella, jotta myös sarjan viimeiset toistot pystytään toistamaan tehokkaasti. Tämä on nopeusvoimaharjoittelun tarkoituksen vastaista, ja näin ollen yli viiden toiston sarjoja yksittäisinä toistoina tehtynä tulisi tavanomaisessa nopeusvoimaharjoittelussa välttää.

Kuntopalloheittojen käyttämistä harjoitusmetodina nopeusvoimaharjoittelussa voidaan suositella, sillä niissä tuotetaan samansuuruinen teho kuin rinnallevedoissa riipunnasta. Kuntopalloheitot eivät kuitenkaan korvaa rinnallevetoja harjoitusliikkeenä, sillä kuntopalloheitoissa kuorma ja tuotettu voima ovat pienempiä, kuin rinnallevedossa riipunnasta.

LÄHTEET

- Argus, C., Gill, N., Keogh, J. & Hopkins, W. 2011. Assessing lower-body peak power in elite rugby-union players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (6), 1616-1621.
- Baker, D. 2001. Acute and long-term power response to power training: Observations on the training of an elite power athlete. *Strength and Conditioning Journal* 23 (1), 47-56.
- Baker, D., Nance, S. & Moore, M. 2001. The load that maximizes the average mechanical power output in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15 (1), 20-24.
- Baker, D. & Newton, R.U. 2005. Methods to increase the effectiveness of maximal power training for the upper body. *Strength and Conditioning Journal*. 27 (61): 23-32.
- Baker, D. & Newton, R. 2007. Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research* 21 (4), 1007-1011.
- Barker, M., Wyatt, T., Johnson, R., Stone, M., O'Bryant, H., Poe, C. & Kent, M. 1993. Performance factors, physiological assessment, physical characteristic, and football playing ability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7, 224-233.
- Bompa, T. & Haff, G. 2009. *Periodization. Theory and Methodology of Training*. 5. painos.ampaign, IL: Human Kinetics.
- Bosco, C. & Komi, P. 1979. Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiologica Scandinavica* 106 (4), 467-472.
- Bosco, C., Montanari, G. & Tarkka, I. 1987. The effect of prestretch on mechanical efficiency of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica* 131 (3), 329-329.
- Bosco, C., Viitasalo, J. & Komi, P. 1982. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 114, 557-565.
- Cavanagh, P. & Komi, P. 1979. Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 42 (3), 159-163.

- Cormie, P. & Flanagan, S. 2008. Does an optimal load exist for power training? *Strength and Conditioning Journal*. 30 (2), 67-69.
- Cormie, P., McBride, J. & McCaulley, G. 2007a. Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *Journal of Applied Biomechanics* 23, 103-118.
- Cormie, P., McCaulley, G. & McBride, J. 2007b. Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Official Journal of the American College of Sports Medicine* 39, (6): 996-1003.
- Cormie, P., McGuigan, M. & Newton, R. 2010. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 42, 1566-1581.
- Cormie, P., McGuigan, M. & Newton, R. 2011a. Developing maximal power. Part 1 – biological basis of maximal power production. *Sports Medicine* 41 (1), 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, R., Newton, R., 2011b. Developing maximal neuromuscular power part 2 – Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine* 41 (2), 125 – 146.
- Cronin, J. & Sleivert, G. 2005. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine* 35 (3), 213-234.
- Drinkwater, E.J., Lawton, T.W., Lindsell, R.P., Pyne, D.B., Hunt, P.H. & McKenna, M.J. 2005. Training leading to repetition failure contributes to bench press strength gains in elite junior athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19 (2): 382-388.
- Dugan, E., Doyle, T., Humphries, B., Hasson, C. & Newton, R. 2004. Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3), 668-674.
- Duncan, M. & Hankey, J. 2010. Concurrent validity of the backwards overhead medicine ball throw as test of explosive power in adolescents. *Medicina Sportiva*. 14 (3): 102-107.
- Enoka, R.M. 1995. Morphological features and activation patterns of motor units. *Journal of Neurophysiology* 12, 538-539.
- Enoka, R.M. 2008. *Neuroimechanics of Human Movement*. 4. painos. Human kinetics, USA.

- Enoka, R.M. & Fuglevand, A. 2001. Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle Nerve* 24, 4-17.
- Gardiner, P. 2011. *Advanced neuromuscular exercise physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Haff, G. & Nimphius, S. 2012. Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal* 34 (6), 2-12.
- Haff G, Whitley, A., McCoy, L.B., O'Bryant, H.S., Kilgore, J.L. Haff, E.E., Pierce, K1 & Stone, M.H. 2003. Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(1), 95–103.
- Hansen, K., Cronin, J. & Newton, M. 2011a. The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 6, 455-468.
- Hansen, K.T., Cronin, J.B., Pickering, S.L. & Douglas, L. 2011b. Do Force-Time and Power-Time Measures in a Loaded Jump Squat Differentiate between Speed Performance and Playing Level in Elite and Elite Junior Rugby Union Players? *Journal of Strength and Conditioning Research* 25, 2382-2391.
- Harman, E., Rosenstein, M., Frykman, P. & Rosenstein, R. 1990. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*. 22 (6): 825-833. (6), 825-833.
- Henneman, E., Clamann, H. & Gillies, J. 1974. Rank order of motoneurons within a pool, law of combination. *Journal of Neurophysiology* 37, 1338-1349.
- Hof, A., Geelen, B. & van den Berg, J. 1983. Calf muscle moment, work and efficiency in level walking; role of series elasticity. *Journal of Biomechanics* 16 (7), 523-537.
- Hori, N., Newton, R., Nosaka, K. & McGuigan, R. 2006. Comparison of Different Methods of Determining Power Output in Weightlifting Exercises. *Strength and Conditioning Journal* 28 (2), 34-40.
- Hori, N., Newton, R., Andrews, W., Kawamori, N., McGuigan, M. & Nosaka, K. 2007. Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and weighted squat jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (2), 314-320.

- Jovanovic, M. & Flanagan, S. 2014. Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning* 22 (2), 58-69.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T. & Toji, H. 1983. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Sports Science* 5, 50-55.
- Kawamori, N., Crum, A., Blumert, P., Kulik, J., Childers, J., Wood, J., Stone, M. & Haff, G. 2005. Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: Identification of the optimal load. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (3), 698-708.
- Kawamori, N. & Haff, G. 2004. The optimal load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3), 675-684.
- Knudson, D. 2009. Correcting the use of the term “power” in the strength and conditioning literature. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (6), 1902-1098.
- Komi, P. & Bosco, C. 1978. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and science in sports* 10 (4), 261-265.
- Komi, P. & Gollhofer, A. 1997. Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. *Journal of Applied Biomechanics* 13, 451-460.
- Kubo, K., Morimoto, M. & Komuro, T. 2007. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (10), 1801-1810.
- Lake, J., Lauder, M. & Smith, N. 2012. Barbell kinematics should not be used to estimate power output applied to the barbell-and-body system center of mass during lower-body resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26, 1302-1307.
- Lawton, T., Cronin, J. Drinkwater, E. Lindsell E., Pyne, R. & Close, D. 2004. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 44 (4): 361-367.
- Mayhew, J., Bird, M., Cole, M., Koch, A., Jacques, J., Ware, J., Buford, B. & Fletcher, K. 2005. Comparison of the backward overhead medicine ball throw to power production in college football players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (3), 514-518.
- McBride, J., Tripplett-McBride, T., Davie, A. & and Newton, R. 1999. A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters.

- Journal of Strength and Conditioning Research 13 (1), 58-66.
- McBride, J., Tripplet-McBride, T., Davie, A. & Newton, R. 2002. The effect of heavy- vs. light load jump squats on the development of strength, power and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16 (1), 75-82.
- Mellor, R. & Hodges, P. 2005. Motor unit synchronization between medial and lateral vasti muscles *Clinical Neurophysiology* 116 (7), 1585-1595.
- Milner-Brown, H., Stein, R. & Lee, R. 1975. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 38 (3), 245-254.
- Moreno, S., Brown, L., Coburn, J. & Judelson, D. 2014. Effect of cluster sets on plyometric jump power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (9), 2424-2428.
- Nimphius, S., McGuigan, M. & Newton, R. 2010. Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24, 885-895.
- Nummela, A., Keranen, T., & Mikkelsen, L. 2007. Factors related to top running speed and economy. *International Journal of Sports Medicine* 28, 655-661.
- Nuzzo, J., McBride, J., Dayne, A., Israetel, M., Dumke, C. & Triplett, N. 2010. Testing of the maximal dynamic output hypothesis in trained and untrained subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (5), 1269-1276.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* 86 (5), 1527-1533.
- Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sáez de Villareal, E., Couturier, A., Samozino, P. & Morin J-B. 2015. Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Ahead of print. doi: 10.1111/sms.12389
- Sánchez -Medina, L. & González-Badillo, J. 2011. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (9), 1725-1734.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. & Goodman, C. 2005. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine* 35 (12), 1025-1044.

- Stockbrugger B.A., Haennel R.G. 2003. Contributing factors to performance of a medicine ball explosive power test: A comparison between jump and nonjump athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17, 768-74.
- Sugi, H. & Tsuchiya, T. 1981. Enhancement of mechanical performance in frog muscle fibres after quick increases in load. *Journal of Physiology* 319, 239-52.
- Tihanyi, J., Apor, P. & Fekete, G. 1982. Force-velocity-power characteristics and fiber composition in human knee extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 48 (3), 331-343.
- Toji, H. & Kaneko, M. 2004. Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (4), 792-795.
- van Cutsem, M., Duchateau, J. & Hainaut, K. 1998. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans *Journal of Physiology* 513 (1), 295-305.
- van Zandwijk, J., Bobbert, M. & Baan, G. 1996. From twitch to tetanus: performance of excitation dynamics optimized for a twitch in predicting tetanic muscle forces. *Biological Cybernetics* 75 (5), 409-417.
- Viitasalo, JT. 1981. Interrelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 111, 97-03.
- Wakeling, J., Blake, O. & Chan, H. 2010. Muscle coordination is key to the power output and mechanical efficiency of limb movements. *The Journal of Experimental Biology* 213, 487-492.
- Widrick, J., Stelzer, J. & Shoepe, T. 2002. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 283 (2), 408-16.
- Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, et al. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine* 38 (3), 285-8
- Zehr, E. & Sale, D. 1994. Ballistic movement: motor control and muscle activation. *Canadian Journal of Applied Physiology* 19, 363-378.

Liite 1

Kyykkyhyppyjen huipputehon numeeriset arvot ja keskihajonnat.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
11 kg	4492 (846)	4517 (884)	4502 (838)	4409 (799)	4364 (802)	4340 (809)
20 kg	4435 (798)	4407 (765)	4341 (747)	4290 (753)	4267 (757)	4211 (706)
30 kg	4350 (803)	4343 (786)	4311 (806)	4255 (804)	4262 (777)	4256 (789)
40 kg	4281 (799)	4232 (793)	4198 (815)	4147 (762)	4120 (760)	4097 (758)

Tilastollisesti merkitsevät erot kyykkyhyppyjen huipputehoissa.

11 kg	p<0.05	4. ja 2., 3.	
	p<0.01	5. ja 1., 2.	4. ja 6.
	p<0.001	5. ja 3.	6. ja 1., 2., 3.
20 kg	p<0.05	1. ja 3.	5. ja 3.,6.
	p<0.01	2. ja 3.	6. ja 3.,4.
	p<0.001	1., 2. ja 4., 5., 6.	
30 kg	p<0.05	1., 3. ja 4., 5.	1. ja 6.
	p<0.01	2. ja 4., 5., 6.	3. ja 4.
40 kg	p<0.05	3. ja 1., 5.	3. ja 1., 6.
	p<0.01	5. ja 2, 3.	
	p<0.001	1., 2. ja 4., 6	1. ja 5. 3. ja 6.

Liite 2

Kyykkyhyppyjen keskimääräisen tehon numeeriset arvot ja keskihajonnat.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
11 kg	2371 (507)	2484 (547)	2476 (510)	2442 (491)	2432 (493)	2406 (492)
20 kg	2358 (480)	2377 (463)	2353 (454)	2329 (466)	2324 (471)	2321 (433)
30 kg	2265 (462)	2309 (468)	2287 (484)	2253 (482)	2265 (463)	2247 (468)
40 kg	2179 (482)	2194 (479)	2171 (484)	2143 (450)	2130 (456)	2129 (468)

Kyykkyhyppyjen nousukorkeuden numeeriset arvot ja keskihajonnat kyykkyhyppyissä.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
11 kg	,327 (,059)	,339 (,064)	,337 (,065)	,325 (,063)	,324 (,066)	,322 (,062)
20 kg	,287 (,060)	,288 (,056)	,282 (,048)	,279 (,054)	,276 (,051)	,273 (,050)
30 kg	,245 (,053)	,247 (,049)	,243 (,048)	,238 (,049)	,240 (,048)	,239 (,050)
40 kg	,209 (,045)	,208 (,040)	,207 (,043)	,201 (,038)	,199 (,038)	,197 (,041)

Liite 3

Rinnallevetojen riipunnasta huipputehon numeeriset arvot ja keskihajonnat.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
60 %	3131 (651)	3194 (859)	3286 (784)	3246 (751)	3202 (850)	3177 (908)
70 %	3464 (745)	3560 (815)	3481 (815)	3437 (835)	3298 (879)	3356 (693)
80 %	3457 (698)	3534 (788)	3534 (772)	3385 (795)	3382 (833)	
90 %	3586 (821)	3654 (901)	3527 (992)			

Rinnallevetojen riipunnasta keskimääräisen tehon numeeriset arvot ja keskihajonnat.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
60 %	1230 (326)	1378 (366)	1379 (340)	1363 (365)	1347 (373)	1367 (371)
70 %	1414 (337)	1520 (319)	1471 (375)	1541 (366)	1466 (342)	1494 (367)
80 %	1490 (347)	1532 (417)	1504 (407)	1480 (426)	1498 (444)	
90 %	1512 (446)	1522 (486)	1510 (471)			

Liite 4

Kaikkien testiliikkeiden huipputehojen numeeriset arvot ja keskihajonnat kuormittain.

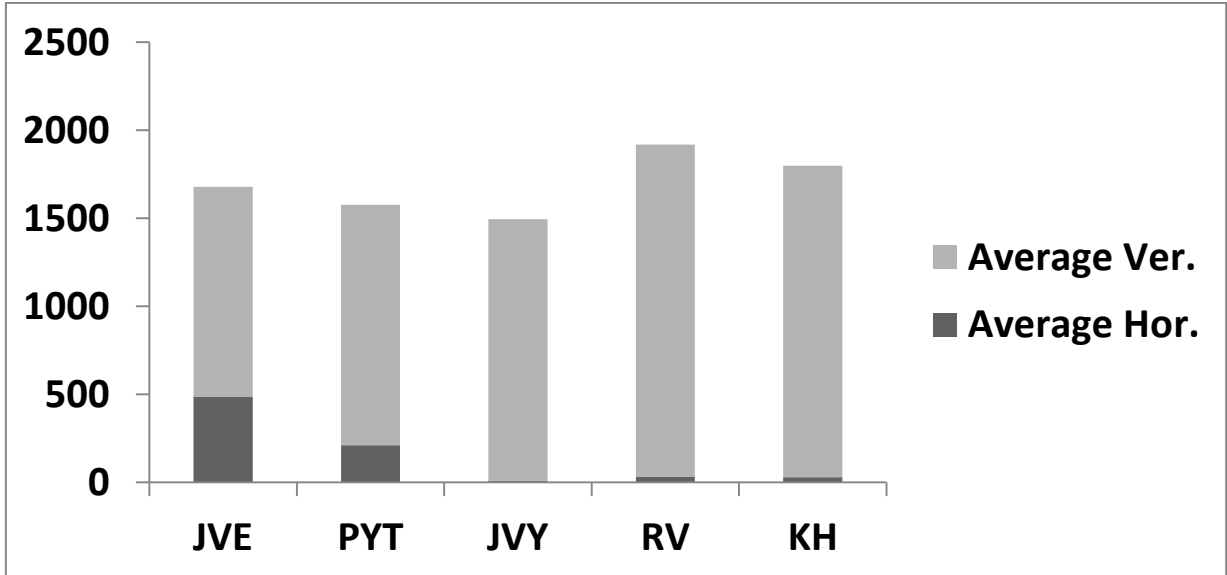
	KH		RV		JVY	PYT	JVE
0 kg	4686 (863)	60 %	3286 (784)	2kg	3694 (696)	2869 (744)	2475 (718)
11kg	4517 (884)	70 %	3560 (815)	3kg	3628 (726)	2759 (691)	2238 (655)
20kg	4435 (798)	80 %	3534 (772)	4kg	3548 (540)	2714 (718)	2212 (616)
30kg	4350 (803)	90 %	3654 (901)	5kg	3525 (554)	2583 (803)	2127 (548)
40kg	4281 (799)						

Kaikkien testiliikkeiden keskimääräisten tehojen numeeriset arvot ja keskihajonnat kuormittain.

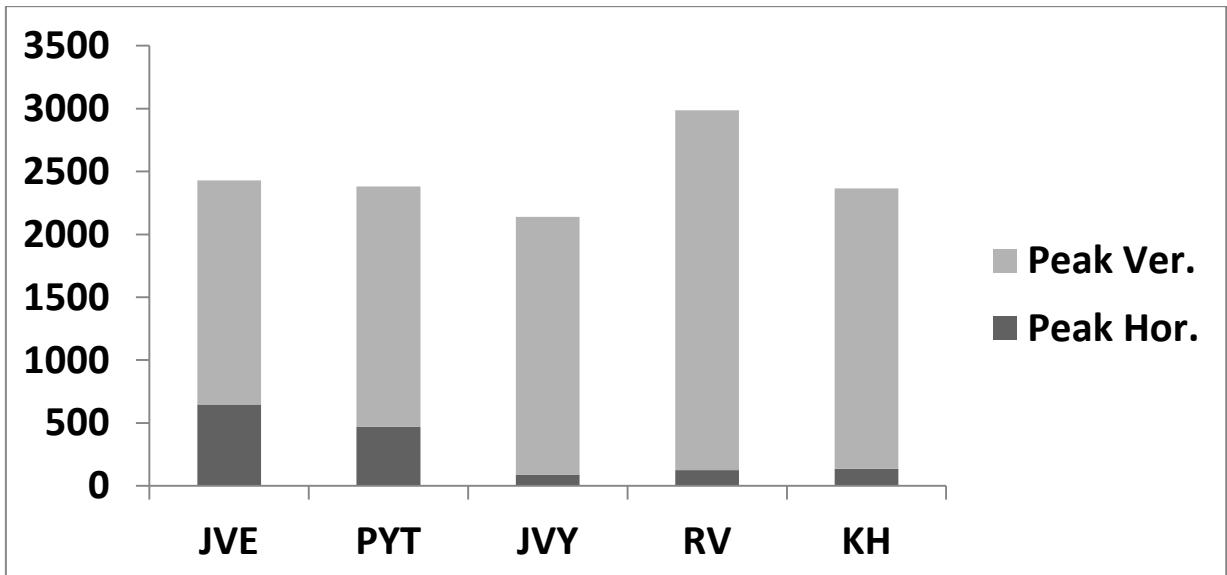
	KH		RV		JVY	PYT	JVE
0 kg	2686 (863)	60 %	1379 (446)	2kg	2029 (696)	1588 (744)	1183 (718)
11kg	2484 (884)	70 %	1541 (366)	3kg	2015 (726)	1530 (691)	1077 (655)
20kg	2377 (798)	80 %	1532 (417)	4kg	1979 (540)	1509 (718)	1055 (616)
30kg	2309 (803)	90 %	1522 (486)	5kg	1948 (554)	1411 (803)	1040 (548)
40kg	2194 (799)						

Liite 5

Keskimääräinen vertikaali- ja horisontaalivoimantuotto liikkeittäin. Pylväiden korkeudet kuvaavat yhteenlaskettua horisontaalista (Average Hor.) ja vertikaalista (Average Ver.) voimantuottoa.



Vertikaali- ja horisontaalivoimantuotto liikkeittäin huippuvoimina. Pylväiden korkeudet kuvaavat yhteenlaskettua horisontaalista (Average Hor.) ja vertikaalista (Average Ver.) voimantuottoa.



Liite 6

Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos

TIEDOTE TUTKITTAVILLE JA SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Tutkimuksen nimi: *Akuutit muutokset tuotetussa tehossa nopeusvoimasarjojen aikana, sekä nopeusvoimaharjoitteiden tehontuotollinen vertailu*

1. Tutkijoiden yhteystiedot

Vastuullinen tutkija:

Juha Ahtiainen, LitT, Yliopistotutkija, Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos
p. 040 8053740, juha.ahtiainen@jyu.fi

Tutkija:

Tapani Keränen, Urheilubiomekaniikan asiantuntija, KIHU
p. 040 5534688, tapani.keranen@kihu.fi

Opinnäytetyön tekijä:

Jaakko Hanhikoski, Lit. yo., Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos
p. 050 4618280, jaakkohanhikoski@gmail.com

2. Tutkimuksen taustatiedot

Tutkimus toteutetaan Jyväskylän yliopistossa Liikuntabiologian laitoksella. Mittaukset suoritetaan Sport Lab Jyväskylässä sekä Hipposhallissa joulukuun 2014 ja tammikuun 2015 välisenä aikana. Tutkimustulokset analysoidaan ja raportoidaan kevään 2015 aikana.

3. Tutkimusaineiston säilyttäminen

Tutkimuksen vastuullinen johtaja vastaa tutkimusaineiston turvallisesta säilyttämisestä siten, etteivät tiedot tutkimuksesta ja yksittäisistä tutkittavista joudu ulkopuolisten käsiin. Tutkimuksessa kerättävää aineistoa käsittelevät vain tutkimukseen osallistuvat tutkijat. Manuaalinen aineisto säilytetään lukitussa tilassa Liikuntabiologian laitoksella. Sähköinen aineisto on tutkijoiden omilla tietokoneilla, joihin pääsy edellyttää salasanan tuntemista. Tietokoneet, tutkimusmateriaali ja aineiston varmuuskopiot säilytetään lukituissa tiloissa Liikuntabiologian laitoksella.

4. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja merkitys

Tutkimuksen tarkoituksena on täsmentää urheilijoiden nopeusvoimaharjoittelua. Tavoitteena on selvittää, minkälaiseen tehontuoton mukaiseen järjestykseen harjoitusliikkeet voidaan luokitella. Tutkimuksessa pyritään myös selvittämään, monellako toistolla eri liikkeissä saavutetaan suurin teho, ja kuinka nopeasti tehontuotto sen jälkeen heikkenee.

Tutkimustuloksilla on merkitystä nopeusvoimaharjoituksen toteuttamisen kannalta käytännössä: Koska nopeusvoimaharjoittelussa pyritään maksimaaliseen tehontuottoon, on tärkeää, että nopeusvoimaharjoittelussa sarjojen kesto on riittävän pitkä, jotta maksimaalinen tehontuotto saadaan tuotettua. Sarjat eivät kuitenkaan saa olla liian pitkiä, jolloin tehontuotto mahdollisesti lähtee laskuun, mikä ei tehon kehittämisen kannalta ole tarkoituksenmukaista.

5. Menettelyt, joiden kohteeksi tutkittavat joutuvat

Tutkittavilta mitataan tutkimuksessa tehontuottoa voimalevyn avulla heidän harjoitteluunsa kuuluvissa nopeusvoimaliikkeissä. Yhden tutkimuskerran aikana tehontuottoa mitataan noin kolmessa nopeusvoimaliikkeessä.

6. Tutkimuksen hyödyt ja haitat tutkittaville

Mitä tutkittavat hyötyvät osallistumisestaan tutkimukseen.

Tutkittavat saavat tutkimuksesta tietoa omasta tehontuottokyvystään eri nopeusvoimaliikkeissä. Saadun tiedon avulla voidaan urheilijan nopeusvoimaharjoittelua täsmentää kustannustehokkaammaksi.

Tutkimukseen liittyvät riskit ja mahdolliset haitat.

Tutkimukseen liittyvät riskit eivät eroa tavanomaiseen nopeus- ja voimaharjoitteluun kuuluvista riskeistä.

7. Miten ja mihin tutkimustuloksia aiotaan käyttää

Tutkimuksesta syntyy kandidaatin tutkielma Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella. Saatua tutkimustietoa saatetaan myös käyttää hyväksi valmentajakoulutuksissa.

8. Tutkittavien oikeudet

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

9. Vakuutukset

Tutkittavat on vakuutettu tutkimuksen ajan ulkoisen syyn aiheuttamien tapaturmien, vahinkojen ja vammojen varalta. Tapaturmavakuutus on voimassa mittauksissa. Vakuutusyhtiöt eivät kuitenkaan korvaa äkillisen ponnistuksen aiheuttamaa lihas- tai jännerevähdystä, ellei siihen liity ulkoista syytä. Tapaturmien ja sairastapausten välittömään ensiapuun mittauksissa on varauduttu tutkimusyksikössä. Laboratoriossa on ensiapuvälineet ja varusteet, joiden käyttöön henkilökunta on perehtynyt. Tutkittavalla olisi hyvä olla oma henkilökohtainen tapaturma/sairaus- ja henkivakuutus, koska tutkimusprojekteja varten vakuutusyhtiöt eivät myönnä täysin kattavaa vakuutusturvaa esim. sairauskohtauksien varalta.

10. Tutkittavan suostumus

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, tutkittaville aiheutuviin mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan mittauksiin ja toimenpiteisiin annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani saa käyttää tieteelliseen raportointiin (esim. julkaisuihin) ja valmentajakoulutuksissa sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

Päiväys

Tutkijan allekirjoitus